NACIONES UNIDAS

CONSEJO
ECONOMICO
Y SOCIAL

GENERAL

E/CN.12/688
14 de abril de 1963

ORIGINAL: ESPAÑOL

COMISION ECONOMICA PARA AMERICA LATINA

Décimo período de sesiones

Mar del Plata, Argentina, mayo de 1963

Véase Versión Revisada
bajo la sigla: E/CN.12/695

# LOS RECURSOS HIDRAULICOS DE BOLIVIA

Nota: Este texto es provisional y está sujeto a modificaciones de fondo y forma.

INDICE



/III. La

/II. Generación

Páginas



/c) Dirección

/NOTA PRELIMINAR

## NOTA PRELIMINAR

En la resolución 99 (VI) aprobada por la Comisión Económica para América Latina, posteriormente confirmada y reforzada con la resolución 166 (VIII), se inició hace algunos años el estudio preliminar de los recursos hidráulicos latinoamericanos, su aprovechamiento actual y sus posibilidades futuras. Además de un breve examen de las principales cuencas hidrográficas (documento E/CN.12/501) se han estudiado la disponibilidad y el aprovechamiento de tales recursos en Chile (documento E/CN.12/501/Add.1), en la Norpatagonia (no publicado todavía), en el Ecuador (documento informativo N°2 presentado al octavo período de sesiones de la Comisión, Panamá, marzo de 1959), en Venezuela (documento E/CN.12/593, presentado al noveno período de sesiones, Santiago, mayo de 1961) y Colombia (texto preliminar pendiente de críticas y sugerencias). Este continúa esos estudios con la investigación preliminar de los problemas del agua en Bolivia.

Se basa en las investigaciones llevadas a cabo por un Grupo de Trabajo Conjunto constituido por expertos de la Dirección de Operaciones de Asistencia Técnica (DOAT), la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y la CEPAL. A diferencia de las primeras cuatro nombradas, pero igual a la que visitó Colombia, esta misión estuvo compuesta sólo por tres personas: un economista-coordinador, el experto en usos múltiples y el hidrometeorólogo. Posteriormente - y sólo por un mes - el Programa de Energía y Recursos Hidráulicos de la CEPAL destacó a uno de sus miembros para colaborar con la misión en varios campos, principalmente en materia de hidroelectricidad y riego. El grupo permaneció en el país únicamente dos meses.

El objeto inmediato de este documento es presentar conclusiones y recomendaciones que permitan orientar mejor la política y, en algunos aspectos, sugerir criterios que contribuyan a rectificar procedimientos y adaptar organizaciones institucionales, en procura de un aprovechamiento más eficiente de los recursos hidráulicos del país, así como sugerir la especialidad y el número de los expertos cuya asesoría convendría obtener en calidad de asistencia técnica. Con las informaciones adicionales que obtengan esos expertos, junto a sus análisis y recomendaciones, se podrá ampliar este estudio y hacerlo más a fondo.

/El estudio

El estudio fue solicitado por la Corporación Boliviana de Fomento con el coauspicio de la Junta Nacional de Planeamiento de Bolivia, y contó con su apoyo oficial junto al que le prestó el Grupo Asesor CEPAL/DOAT/FAO, que entonces colaboraba con las autoridades del país en la preparación del Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social. La misión a su vez preparó un resumen de las principales conclusiones y recomendaciones que le mereció el breve examen de la situación del país en materia de agua, que lo facilitó al Grupo Asesor.

Además de la alta colaboración dispensada por los dos organismos oficiales antes citados, se contó también con la valiosa cooperación local de otras reparticiones de la administración pública y círculos privados. Vaya a todos ellos el reconocimiento de los organismos de las Naciones Unidas encargados de su realización.

/INTRODUCCION

# INTRODUCCION

## B O L I V I A  Y  S U S  R E C U R S O S  H I D R A U L I C O S

### I. GEOGRAFIA, CLIMA Y POBLACION

Bolivia se encuentra ubicada en la parte central de América del Sur, siendo sus coordenadas geográficas extremas aproximadamente las siguientes: al norte 9°38'S; al sur 22°54'S; al oeste 69°38'W, y al este 57°29'W.[1/]

Las fronteras, que se extienden 5 700 kilómetros más o menos, encierran una superficie 1 098 580 $km^2$. La distribución por alturas medias, de esa superficie se presenta en el cuadro 1.

Mientras el 62 por ciento del territorio se encuentra a un nivel inferior de los 600 metros sobre el nivel del mar, llama poderosamente la atención que el 25 por ciento se encuentre sobre los 2 500 metros (18.8 por ciento sobre los 3 500 metros), hallándose el resto (13 por ciento) sólo entre los 600 y los 2 500 metros sobre el nivel del mar. Estas cifras dan una primera idea de la complejidad topográfica del país y la conveniencia de distinguir en él 3 regiones de altura, clima y vegetación bien diferentes: el Altiplano, los Valles y los Llanos.

Varias circunstancias de tipo geográfico y meteorológico contribuyen a la formación del clima de Bolivia, pero se puede estimar que las principales son las siguientes:

a) su ubicación en el centro de Sudamérica, al norte del trópico de Capricornio, que permite a masas de aire tropicales y polares actuar con variada intensidad y frecuencia;

b) la orografía del país en su parte sudoeste, donde la Cordillera de los Andes con sus cordones Occidental y Oriental (o Real) opone una barrera infranqueable a importantes desplazamientos atmosféricos de capas bajas, y

c) los desplazamientos de frentes polares que irrumpen sobre su territorio durante todo el año, desde las fronteras argentina y paraguaya.

---

1/ Datos tomados del Mapa de la República de Bolivia, organizado y ejecutado por René R. Camacho (1947), escala: 1:1 500 000.

/Cuadro 1

Cuadro 1

BOLIVIA: DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE ACUERDO CON SU ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR a/

| Altura | | Altura media (metros) | Superficies ($km^2$) | | Porcentajes | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Metros | Pies | | Parcial | Acumulada | Parcial | Acumulado |
| Menor de 305 | (1 000) | 244 | 455 000 | 455 000 | 41.4 | 41.4 |
| de 305 a 610 | (2 000) | 457 | 227 500 | 682 500 | 20.7 | 62.1 |
| de 610 a 914 | (3 000) | 762 | 35 000 | 717 500 | 3.2 | 65.3 |
| de 914 a 1524 | (5 000) | 1 219 | 43 900 | 761 400 | 4.0 | 69.3 |
| de 1524 a 2134 | (7 000) | 1 829 | 40 200 | 801 600 | 3.7 | 73.0 |
| de 2134 a 2743 | (9 000) | 2 438 | 37 600 | 839 200 | 3.4 | 76.4 |
| de 2743 a 3658 | (12 000) | 3 200 | 53 100 | 892 300 | 4.8 | 81.2 |
| de 3658 a 4572 | (15 000) | 4 115 | 181 300 | 1 073 600 | 16.5 | 97.7 |
| Mayor de 4572 | (15 000) | 5 029 | 25 000 | 1 098 600 | 2.3 | 100.0 |

a/ Calculado sobre el mapa aeronáutico publicado por la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, Washington, D.C.

/Estas circunstancias,

Estas circunstancias, sumadas a otras menores, determinan una amplia gama de valores en la precipitación, en la temperatura y en otros parámetros meteorológicos. (Véase el mapa 1.)

El Altiplano, que ocupa la región sudoccidental del país, es una gran meseta de altura media de 3 800 m sobre el nivel del mar, que se extiende entre las cordilleras Occidental y Oriental, formadas en una bifurcación de los Andes. No obstante que, incluyendo las cordilleras que lo rodean, representa aproximadamente una cuarta parte de la superficie del país, la gran cuenca cerrada de los lagos Titicaca, Poopó, Coipasa y el Salar de Uyuni, abarcan sólo un poco más de la mitad de él (150 000 $km^2$).

Las altas cumbres cordilleranas, algunas de las cuales - el Illampu y el Illimani - se aproximan a los 7 000 metros de altura, se encuentran permanentemente cubiertas de nieve y glaciares, siendo fácil observar la variación estacional que experimentan los campos nevados en el curso del año. El Altiplano mismo está surcado por pequeñas ondulaciones y serranías de pequeña importancia.

Es una región fría en la que la temperatura media anual varía alrededor de los 10 grados centígrados. Se pueden encontrar valores superiores en su parte norte y oriental vecina a los Valles y Yungas, disminuyendo hasta 6 ó 7 grados hacia el sudoeste. Lógicamente en niveles más altos existen temperaturas inferiores. Las máximas mensuales ocurren en diciembre y enero, aunque hay lugares en que se registran en noviembre y en otros en febrero, siendo estas desviaciones causadas por las épocas de lluvia. Las temperaturas mínimas mensuales se presentan sobre todo en julio y ocasionalmente en junio; las mínimas diarias en los meses de invierno llegan a 5 y 10 grados bajo cero y aun las hay inferiores. En esta época son frecuentes las heladas debido a las bajas temperaturas reinantes y a cielos generalmente despejados, siendo probables desde la primera quincena de marzo a la segunda de septiembre. Las pocas nevadas que se producen no llegan a permanecer largo tiempo en el suelo, por cuanto la primera insolación las derrite.

La altura a que se encuentra el Altiplano supone que soporta solamente los 2/3 de la masa atmosférica al nivel del mar y, por lo tanto, permite a los rayos solares una insolación mayor y también una mayor irradiación del suelo. Por tal motivo, hay una gran oscilación diaria, que en promedio es

/del orden

del orden de los 20 grados centígrados y que puede llegar a los 35 grados. En cambio, las diferencias extremas entre las medias mensuales son menores y variables entre 3 y 9 grados con excepción de la zona inmediata al lago Titicaca, cuya función térmica reguladora produce en Copacabana solamente una oscilación de 1.5 grados centígrados.

Las precipitaciones en el Altiplano son reducidas, aumentando en líneas generales desde unos 100 mm anuales, en el sudoeste hasta alcanzar unos 900 mm en las cercanías del lago Titicaca. Ocurren en verano con una marcada sequía en invierno. (Véanse los mapas 2 y 3.)

La radiación solar tiene singular importancia en esta zona donde las escasas precipitaciones son afectadas grandemente por la evaporación, en la que se han registrado valores extremos hasta de 10 mm diarios. Por las condiciones mencionadas, la agricultura se ha desarrollado laboriosamente y sólo en ciertas zonas, limitándose a unos cuantos productos cultivados entre septiembre y marzo.

La fauna está constituida principalmente por auquénidos, aunque se cría también ganado ovino, bovino y equino.

Considerando las características citadas, puede hacerse una división primaria del Altiplano en una zona norte y otra sur, cuya separación se podría fijar en el río Lacajahuira. La primera es ligeramente más alta, tiene una temperatura media anual mayor y las precipitaciones anuales son también mayores. La zona sur - en general más baja - es más seca y fría, estando caracterizada por la existencia de grandes salares.

Desde el punto de vista hidrológico, la existencia de los lagos Titicaca y Poopó constituye en el Altiplano la característica más destacada no sólo por su magnitud, sino también por sus grandes potencialidades.

Los Valles y los Yungas, que constituyen otra gran división geográfica (unos 140 000 $km^2$), están localizados en los contrafuertes de la cordillera Real, por donde deslizan sus aguas los ríos que luego correrán por los Llanos. Es el nexo geográfico entre las otras dos regiones al mismo tiempo que presenta características climáticas intermedias entre el Altiplano y los Llanos. (Véanse nuevamente los mapas 2 y 3.)

Se da el nombre de "Yungas" a los valles profundos que se encuentran a los pies del Altiplano, con una altitud que puede variar aproximadamente

/entre los

entre los 600 y 1 800 metros osbre el nivel del mar. Por su altura y situación tienen altas temperaturas (las medias anuales pueden ser superiores a 20 grados centígrados), elevada humedad relativa y consecuentemente están cubiertos por exuberante vegetación. En general, las tierras planas son de poca extensión.

Los Valles y quebradas forman una región comprendida más o menos entre 1 800 y 3 000 metros sobre el nivel del mar, enclavada sobre las estribaciones de la Cordillera Real. Por su mayor altura, en relación con los Yungas, tienen una temperatura inferior a estos últimos (los valores medios anuales suelen fluctuar entre 15 y 20 grados) y también su humedad es menor. Su clima es agradable y uniforme, permitiendo el desarrollo de la agricultura en una amplia variedad de cultivos entre los cuales con los principales los frutales y el maíz.

Por las condiciones orográficas de estas regiones predominan en ellos características locales de clima (microclimas) más que condiciones meteorológicas uniformes. En los Valles y Yungas las precipitaciones tienen un efecto regulador apreciable sobre las temperaturas. Así las máximas mensuales que normalmente se producen en el mes de diciembre pueden ocurrir en noviembre. En pocos casos ocurren en enero. Las temperaturas mínimas mensuales se presentan en julio y con menor frecuencia en junio.

Las diferencias son también marcadas en las precipitaciones, dependiendo de sus ubicaciones con respecto a la circulación general de las masas de aire y frentes fríos.

Las precipitaciones anuales de los Valles pueden estar comprendidas entre los 500 y los 900 milímetros, siendo superiores en los Yungas, donde alcanzan a los 1 500 milímetros. (Véanse nuevamente los mapas 2 y 3.)

El aumento simultáneo de temperatura y humedad da a los Yungas una sensación más acentuada de su diferencia con los Valles. Dadas las bajas temperaturas que se registran en los Valles en el invierno, es posible que se produzcan algunas heladas en esa época. Por ejemplo, en la zona de Cochabamba pueden ocurrir desde la segunda quincena de abril hasta la segunda de agosto. En la zona de los Yungas no se producen heladas.

/La evaporación

La evaporación de los Valles y Yungas es alta variando entre 4.1 y 6.6 milímetros diarios.

Los ríos de pendientes pronunciadas favorecen la existencia de potenciales hidroeléctricos, pero a su vez ejercen una acción erosiva intensa.

Los Llanos constituyen la región más amplia de Bolivia ocupando una superficie de 680 000 $km^2$. Se extiende por debajo de los 600 m de altura desde los pies de la cordillera Oriental hacia el norte y el este hasta alcanzar los límites del país con el Perú, el Brasil, el Paraguay y la Argentina.

Es una región de tierras planas; únicamente se encuentran en la parte sur del departamento de Santa Cruz pequeñas serranías, entre las cuales la de Santiago es la de mayor altura.

Los ríos que descienden desde las zonas montañosas atraviesan la región para desaguar finalmente hacia el norte, en el Amazonas, a través de los ríos Madeira y Acre, hacia el sur, en el Plata, por intermedio de los ríos Paraguay, Pilcomayo y Bermejo.

Los Llanos, comparados con las otras dos grandes regiones, presentan una gran uniformidad en la temperatura. Las media anuales extremas oscilan desde 26.8 en Magdalena (Beni) hasta 22.5 en San Javier (Santa Cruz). Las máximas mensuales se producen en la mayoría de los lugares entre noviembre y diciembre. Las mínimas mensuales acontecen entre junio y julio.

Las precipitaciones tienen una amplia variación que va desde la muy lluviosa, al pie de la cordillera de Cochabamba, con más de 2 500 mm anuales, hasta la región árida del Chaco donde escasamente llega a 600 mm.

La evaporación de acuerdo a los pocos antecedentes disponibles oscila entre 3 y 6 mm diarios en promedio, destacándose que este último valor corresponde a la zona árida de Villamontes.

Esta región es susceptible de una división primaria en tres grandes zonas: norte, central y sur. La zona norte que abarca el extremo superior hasta la latitud de 15°, tiene una elevación media aproximada de 200 metros sobre el nivel del mar. Es la más calurosa, con una temperatura media anual que supera los 26 grados centígrados, siendo la del mes más frío superior a 23 grados. La reducida altura y pendiente no permiten un drenaje fácil de las abundantes precipitaciones (1 300 a 2 000 mm al año) y durante la época lluviosa grandes extensiones son inundadas por los ríos que forman

/numerosos meandros.

numerosos meandros. Es una zona que cuenta con praderas aptas para la ganadería y posee una gran riqueza forestal. La agricultura no requiere de riego artificial.

La zona central es más alta que la anterior, teniendo una altura media aproximada de 400 metros sobre el nivel del mar y se extiende desde la latitud de 15° hasta la latitud de 18°30'. Políticamente comprende la parte central del Departamento de Santa Cruz. Su precipitación y temperatura son inferiores a las de la zona norte. En una gran extensión la precipitación media anual es del orden de 1 300 mm aunque existen determinados lugares en que las precipitaciones extremas varían de 2 500 a 1 000 mm. La temperatura media anual es del orden de 24 grados como en la ciudad de Santa Cruz. Se cultivan con resultados promisores, caña de azúcar, arroz, plátanos y otros cultivos tropicales.

La zona sur abarca desde la latitud de 18°30' hasta los límites con el Brasil, el Paraguay y la Argentina. Comprende las provincias de Cordillera en Santa Cruz, de Luis Calvo en Chuquisaca, y de Gran Chaco en Tarija. Es menos lluviosa que la zona central, (la precipitación media anual fluctúa entre 1 000 y 600 mm) y su temperatura media anual es también ligeramente inferior. La agricultura requiere durante varios meses de riego artificial.

Se calcula que la población del país en 1962 era de 3 877 000 habitantes, con una densidad media de 3.53 hab/km$^2$. El cuadro 2 da una idea de la distribución de la superficie y población por departamentos, para el último año estimado (1960). Sólo como una primera aproximación se han considerado en él los departamentos de La Paz,[2/] Oruro y Potosí como representativos del Altiplano. Una superficie que es como el 25 por ciento de la de todo el país acoge el 57 por ciento de la población; su densidad aproximada resulta de 6.9 hab/km$^2$. La agrupación de los departamentos de Cochabamba, Chuquisaca y Tarija se ha tomado como expresión de los Valles (y en parte de los Yungas), arrojando 7.3 hab/km$^2$; en promedio, el 13 por ciento de la extensión del país contiene allí al 29 por ciento de la población; sin embargo, la topografía de la zona obliga a una concentración mayor en los fondos planos de los valles donde supera los 37 hab/km$^2$. Finalmente los departamentos del Beni, Pando y Santa Cruz figuran como representativos de los Llanos. Constituyendo su superficie el 62 por ciento del territorio nacional, alberga sólo el 14 por ciento de la población con una densidad media de apenas 0.8 hab/km$^2$.

2/ El extremo norte forma parte de los Yungas y de los Llanos.

/Cuadro 2

Cuadro 2

BOLIVIA: POBLACION Y DENSIDAD DE POBLACION POR DEPARTAMENTOS EN 1960

| Departamentos | Población en 1960 (miles) | Superficie km2 | Densidad Habitantes |
|---|---|---|---|
| Total | 3 696 | 1 098 581 | 3.36 |
| Beni | 162 | 213 564 | 0.76 |
| Pando | 25 | 63 827 | 0.39 |
| Santa Cruz | 332 | 370 621 | 0.89 |
| Sub-total Beni, Pando y Santa Cruz | 519 | 648 012 | 0.80 |
| Cochabamba | 578 | 55 631 | 10.39 |
| Chuquisaca | 334 | 51 524 | 6.48 |
| Tarija | 150 | 37 623 | 3.99 |
| Subtotal Cochabamba, Chuquisaca y Tarija | 1 062 | 144 778 | 7.34 |
| La Paz | 1 198 | 133 985 | 8.94 |
| Oruro | 271 | 53 588 | 5.06 |
| Potosí | 646 | 118 218 | 5.46 |
| Subtotal La Paz, Oruro y Potosí | 2 115 | 305 791 | 6.92 |

/Se estima

Se estima que la población de Bolivia ha crecido en la última década a un ritmo de 2.4 por ciento al año, es decir similar al aumento de los países de alto crecimiento demográfico. La natalidad tiene una de las tasas más altas del mundo: superó ligeramente el 40 por mil en el período citado.[3/] Del mismo modo la tasa de mortalidad es elevada, del orden de 17 por mil.[4/]

En este informe se ha supuesto para el período 1960-80 una tasa media anual de crecimiento demográfico de 2.5 por ciento, con sus consecuencias en materia de suministro de agua, necesidades alimentación, crecimiento industrial y demanda de energía. Sobre la base de esta hipótesis la población total de Bolivia sería de 4.9 millones de habitantes en 1970 y poco superior a 6 millones en 1980.

Con una población rural superior a 70 por ciento en 1960, Bolivia es un país predominantemente agrícola, sin embargo se estima que el ritmo de urbanización aumentará en los próximos años, en forma tal que hacia 1980 el porcentaje de población rural será inferior al 60 por ciento.

---

3/ Argentina 23, Chile 36 y el Perú 38 por mil.

4/ Argentina 8, Chile 10 y México 12 por mil.

/II. EL DESARROLLO

## II. EL DESARROLLO ECONOMICO GENERAL EN LOS ULTIMOS AÑOS

Se estima que el producto interno por habitante alcanzaba en 1959 a unos 100 dólares, cifra que muestra que Bolivia está en el grupo de los países latinoamericanos de menor desarrollo.[5/]

La actividad productora principal es la agricultura. No obstante la variedad de recursos que tiene el país y la bajísima eficiencia con que se trabaja el campo, a él se dedican las 2 terceras partes de la población. Las exportaciones a pesar del descenso de la producción minera en la última década, representan aún una elevada proporción del producto nacional. Las importaciones proporcionan prácticamente el total de las maquinarias y equipos productivos y de servicios; complementan además la producción interna de alimentos, materias primas para la industria y materiales para la construcción.

La evolución de la economía de acuerdo con las estimaciones estadísticas disponibles - que sólo se remontan a 1950 - dista mucho de ser favorable. Entre los años 1950-52 el producto bruto interno por habitante creció en 3.5 por ciento aproximadamente. Luego, como resultado de un conjunto de circunstancias especiales, descendió un 23 por ciento en el período 1952-57, para recuperarse parcialmente entre los años 1957-59 en un 3.1 por ciento. (Véase el cuadro 3.)

Los índices de producción agropecuarios, mineros e industriales (importantes sectores de la economía que son además los más significativos en relación con la demanda de agua), presentaron una tendencia evolutiva desigual. En la misma década de los años cincuenta, mientras el primer sector creció en total un 12 por ciento, los otros decrecieron un 27 y un 12 por ciento respectivamente, no obstante el aumento de un 25 por ciento que registró la población.

Un aspecto digno de mención en el cuadro de la economía del país en la misma época es la insuficiencia del ahorro interno, que no alcanza siquiera a cubrir anualmente las necesidades de reposición por depreciación de los bienes de capital. Así, por ejemplo, aunque el coeficiente de inversión neta (relación entre la inversión interna - deducida la depreciación de los

---

5/ Se estima que en el bienio 1959-61 prácticamente no se modificó el nivel medio de ingreso por habitante.

/Cuadro 3

Cuadro 3

BOLIVIA: ESTIMACIONES DE LA COMPOSICION Y EVOLUCION DEL PRODUCTO BRUTO INTERNO, POR SECTOR ECONOMICO, 1950-59

(Millones de dólares de 1958)

| Sector económico | 1950 | 1952 | 1954 | 1956 | 1958 | 1959 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Agropecuario | 118.1 | 113.1 | 101.7 | 104.2 | 121.5 | 132.6 |
| Minería | 52.1 | 58.3 | 48.3 | 46.1 | 32.7 | 37.7 |
| Petróleo | 2.5 | 2.1 | 6.9 | 13.1 | 14.2 | 13.1 |
| Industria manufacturera | 48.0 | 49.0 | 54.9 | 51.4 | 39.5 | 42.0 |
| Comercio | 37.8 | 45.1 | 41.5 | 43.7 | 43.1 | 46.7 |
| Transporte | 19.7 | 23.9 | 26.4 | 29.7 | 30.0 | 30.9 |
| Finanzas | 2.7 | 3.4 | 1.0 | 2.1 | 2.2 | 2.2 |
| Construcciones | 1.8 | 3.6 | 2.5 | 2.6 | 4.1 | 3.8 |
| Gobierno | 41.0 | 55.0 | 28.6 | 26.0 | 27.1 | 24.5 |
| Otros servicios | 32.2 | 34.3 | 34.4 | 35.9 | 36.8 | 37.1 |
| Producto bruto interno | 355.9 | 387.8 | 346.2 | 354.8 | 351.2 | 370.6 |
| Exportaciones de bienes y servicios | 57.8 | 80.3 | 65.2 | 72.2 | 58.0 | 60.7 |
| Importaciones de bienes y servicios | 61.6 | 92.1 | 73.2 | 84.9 | 90.5 | 70.5 |
| Bienes y servicios disponibles | 359.7 | 399.6 | 354.2 | 367.5 | 383.7 | 380.4 |
| Producto bruto interno per cápita (dólares) | 118.0 | 122.0 | 104.0 | 102.0 | 96.0 | 99.0 |

Fuente: Plan de Desarrollo Económico y Social 1962-71.

/bienes de

bienes de capital existentes - y el producto nacional) fue de un 5.5 por ciento en 1958, el ahorro nacional alcanzó tan sólo a un equivalente de 19 millones de dólares, mientras el saldo negativo del balance de pagos superó los 31 millones de dólares.[6/] Esta deficiencia ha alcanzado severamente a servicios públicos como el agua potable y la energía eléctrica.

Tales resultados están relacionados con la etapa de transición correspondiente a los cambios estructurales que el país ha experimentado en los últimos años, como la nacionalización de minas y la reforma agraria.

Antes de enumerar los principales sectores de la producción y sus características sobresalientes, conviene señalar que, hasta 1961, no existía en Bolivia un plan de desarrollo económico general, sino sólo algunos planes fraccionarios para determinados sectores y regiones del país. Sólo en julio de ese año el Supremo Gobierno aprobó el Plan de Desarrollo Económico y Social, que fue preparado por la Junta Nacional de Planeamiento con la colaboración del Grupo Asesor CEPAL/DOAT/FAO.

Se define en él en forma integral la magnitud y la orientación de los esfuerzos que deberá realizar el país en los próximos diez años en procura de un crecimiento rápido y persistente que, por otra parte, satisface también las metas señaladas por la Alianza para el Progreso.

El Plan, relativamente ambicioso, contempla hasta 1971 el crecimiento de la producción nacional a una tasa media anual de 8.3 por ciento (5.8 por ciento por habitante) desglosada así: 9.1 por ciento anual en el quinquenio 1962-66 y 7.5 por ciento anual en el de 1966-71 (6.4 y 4.9 por ciento por habitante, respectivamente).[7/]

Esas también son las hipótesis de crecimiento económico que se emplearon en este estudio para determinar las demandas de agua.

---

6/ Véase Junta Nacional de Planeamiento, Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social 1962-71.

7/ Para mayores detalles sobre la situación económica de Bolivia y su evolución en los últimos años, véase Junta Nacional de Planeamiento, Plan de Desarrollo Económico y Social 1962-71.

/1. Agricultura

## 1. Agricultura

De una superficie total de 106.89 millones de hectáreas, se considera que 23.6 millones (22.1 por ciento) son aptas para actividades agropecuarias, 44 millones corresponden a la superficie forestal y el saldo sería inutilizable.[8/] Sin embargo, sólo unas 670 mil hectáreas (como el 3 por ciento de las primeras) están realmente ocupadas con cultivos anuales o permanentes, el resto corresponde a praderas naturales, pequeños lugares boscosos, matorrales y tierras desocupadas. La distribución de las tierras de cultivo en porciento es la siguiente: Altiplano 49, Valle 40 y Llanos 11.

La superficie que dispone de riegos es algo menos de un 10 por ciento de las tierras cultivadas. No obstante, dadas las características del clima y la concentración de las lluvias en un período breve del año en el altiplano, los valles y la zona sur de los llanos, puede afirmarse, en términos generales, que más de las tres cuartas partes de la superficie cultivada actualmente necesita riego.

Un cálculo detallado a base de la disponibilidad de productos alimenticios nacionales e importados (1958) permitió estimar un consumo medio nacional de sólo 1 800 calorías y 52 gramos de proteínas por día y por habitante, o sea el 70 y 85 por ciento respectivamente de los niveles correspondientes a una dieta mínima recomendable para las condiciones locales.

Para aumentar la producción no sólo se disponen de importantes extensiones de tierras principalmente en los Llanos, sino cabe además, mejorar la productividad, que es muy baja. Esta última no sólo es causada por la escasez e irregularidad del agua, sino además por las inadecuadas prácticas agrícolas imperantes.

No obstante que el sector agropecuario participa como en un tercio del producto bruto interno (para el período 1957-59 fue de 34 por ciento en promedio), se calcula que ocupa algo más del 60 por ciento de la fuerza total de trabajo del país, lo que significa que la superficie cultivada por persona activa en la agricultura es poco más de 0.6 hectáreas y su aporte al producto también por persona activa fue de 170 dólares aproximadamente (1959).

---

8/ Existen otras estimaciones que difieren de la anterior. Por ejemplo, en el Censo Agropecuario de 1950 (Dirección Nacional de Estadística-Ministerio de Hacienda) se registra la información de 80 000 respuestas que suman 32.7 millones de hectáreas de "propiedades" agrícolas, que sin lugar a duda comprenden terrenos forestales y otros no utilizables.

/La producción

La producción agropecuaria disminuyó en los años inmediatos a la implantación de la reforma agraria, pero desde 1956 se observa recuperación. En 1959 alcanzó un valor equivalente a 133 millones de dólares, valor que superó a la producción de 1950 en 12 por ciento (la población en ese mismo período creció 24 por ciento) y a la de 1955 en 23 por ciento. (Véase de nuevo el cuadro 3.) Este aumento parece ser consecuencia principalmente del esfuerzo por incorporar a la producción nuevos campos, como ha sucedido en la zona de Santa Cruz.

Los principales productos agrícolas y su participación en el volumen físico de la producción es el siguiente: (1957-59) papa (52 por ciento), maíz (25), yuca (11), trigo (7), arroz (2 por ciento). Son además importantes las producciones de caña de azúcar, fruta - principalmente cítricos y plátanos -, cebada, coca, quinua, café, etc.

Una estimación de la producción ganadera en el mismo período arrojó en miles de cabezas: bovinos 376, porcinos 300 y ovinos 139. También es importante el ganado equino, auquénido y caprino.

La mayor parte de la producción corresponde a bienes de consumo directo y en muy escasa medida a materias primas para la industria manufacturera.

Las importaciones agropecuarias, que entre los años 1950 y 1957 se mantuvieron a un nivel superior a 25 millones de dólares, descendieron en los dos años siguientes a 16 millones, con lo que su participación en el total de las importaciones del país bajó de más de 35 a 25 por ciento. Corresponden a rubros que el país puede producir. Los principales son: trigo y harina de trigo, azúcar blanca, manteca de cerdo, arroz, leche (desecada y condensada), cebada malteada, algodón, lana, ganado y aceites vegetales.

Las exportaciones de ese sector fueron de sólo 4 millones de dólares para 1959 (menos de un 3 por ciento de la producción total).

El Plan de Desarrollo tiene como metas en esta materia: i) mejorar sustancialmente la alimentación del pueblo (un 35 por ciento en los próximos 10 años) con producción de origen nacional; ii) producir materias primas agrícolas para las industrias no alimenticias, esperando autoabastecer en pocos años las necesidades de algodón, lana de fibra fina, fibras duras para sacos de envases, aceites secantes, productos grasos para la industria de jabones, etc.; iii) mejorar el balance de pagos, invirtiendo el saldo neto de

/importación (17

importación (17 millones de dólares en 1958) a un saldo neto de exportación (35 millones de dólares en 1971) y iv) aumentar las oportunidades de trabajo y mejorar el ingreso medio de la población campesina: un incremento del 24.1 por ciento la población activa y un 170 por ciento en el producto por habitante, para el período 1958-71.

Lamentablemente, otro factor adverso relacionado con el agua es la erosión, que presenta características muy graves en el Altiplano, los Valles y Yungas.

Los cultivos de ladera, el sobrepastoreo y la destrucción de la vegetación natural son las causas principales de este trágico problema, que afecta no sólo a la zona pertinente por lo general cabecera de río, sino también al área de contacto entre las tierras planas y las serranías, con inundaciones provocadas por tormentas en lugares carentes de cubierta vegetal. Por otra parte, en el Altiplano, cerca a Oruro, y en los Llanos del Beni, Mamoré e Itonamas se registran periódicamente serias inundaciones.

## 2. Minería

La importancia de las actividades mineras en lo que es hoy Bolivia se remonta a la época de la Colonia. Desde comienzos de este siglo su rápida expansión permitió al país un incremento proporcional de sus exportaciones. Con una producción que fluctúa en torno a los 50 millones de dólares 9/ la producción minera es el origen de más del 80 por ciento de las exportaciones nacionales. (Véase de nuevo el cuadro 3.)

Siendo una fuente permanente de riqueza ha constituido sin embargo un factor de vulnerabilidad para la economía debido a su enorme dependencia respecto a los inestables mercados de minerales. De su producción, sólo una mínima parte se queda en el país como insumo de otros sectores.

No obstante la gran variedad de recursos mineros que tiene el país, la producción es poco diversificada y depende principalmente del estaño, producto en que el aporte boliviano representa más del 10 por ciento de la producción mundial.

---

9/ Los valores extremos en la última década fueron: 59.1 y 32.7 millones de dólares en los años 1953 y 1958, respectivamente, este último el nivel más bajo desde la crisis de la década del treinta.

/En 1952

En 1952 el gobierno nacionalizó las principales empresas mineras -denominadas también grupo de la gran minería -, haciéndose cargo de su explotación a través de la Corporación Minera Boliviana (COMIBOL).

Han influido apreciablemente en el descenso de la producción de estaño en los últimos tiempos (20 000 toneladas en 1960) además de las fluctuaciones poco favorables en su precio, la escasez de recursos financieros para mantener y mejorar los sistemas productivos y la apertura de nuevos frentes de explotación, los problemas sindicales, y la baja de las leyes de los minerales trabajados. La minería privada (mediana y pequeña) no ha mostrado una declinación similar, pero tampoco ha aumentado su producción.

Los depósitos mineros principales parecen concentrarse en el sistema andino de la Cordillera Oriental, entre los paralelos 17° y 21°S. Hidrográficamente era región participa de las tres vertientes del país: la amazónica, a través de las cabeceras del río Grande, la del Plata, por intermedio de la cuenca superior del Pilcomayo, y la interior altiplánica por la cuenca tributaria del lago Poopó (magma divortium aquarum). Sus recursos hidráulicos no son muy abundantes, porque allí se encuentran las cabeceras de los ríos y las precipitaciones medias son del orden de los 600-700 mm al año.

Con la asistencia del Fondo Especial de las Naciones Unidas se ha iniciado el levantamiento aerofotogramétrico de la zona más prometedora, comprendida entre las ciudades de Oruro, Cochabamba y Potosí.

Se estima que sólo en las minas de la COMIBOL se cuenta con una reserva del orden de las 300 000-350 000 toneladas de estaño fino, de las cuales el 80 por ciento correspondería a los distritos mineros de Cataví, Huanuni y Coloquirí. Al ritmo actual de extracción representa una reserva para 13 años. En el primero de los centros nombrados se explotan minas de leyes aún inferiores al 0.7 por ciento merced a nuevas técnicas adoptadas (block-caving). Si se adoptaran métodos similares en los centros de Huanuni, Potosí y tal vez Coloquirí, las reservas conocidas se duplicarían. Conviene señalar que la baja capacidad instalada prar el tratamiento de minerales, obliga a exportar a veces concentradas de baja ley, para los cuales los gastos de realización en el exterior representan como el 45 por ciento del valor oficial de aduana, en lugar de sólo un 14 por ciento, que es el que corresponde a los mejores concentrados; estos consumen en promedio unos 400 $m^3$ de agua por tonelada fina de estaño.

/En cuanto

En cuanto al antimonio - Bolivia contribuye también con un 10 por ciento de la producción mundial -, se calculan sus reservas en unas 400 000 toneladas de fino, superadas sólo por las de China Continental. Sin embargo su producción en 1960 representó para el país menos de 500 000 dólares.

La explotación de volframio ha tenido grandes fluctuaciones; después de significar el 16 por ciento de la producción minera en 1957, bajó al 2 por ciento en 1959, es decir, a poco más de un millón de dólares.

Bolivia produce también plata, plomo, zinc, bismuto, cobre, oro, mercurio, níquel, cobalto y manganeso, selenio, azufre, asbesto y mica, para citar los principales minerales. En el extremo oriental del país, cerca de Puerto Suárez, están los extensos yacimientos de hierro del Mutún, cuya explotación requeriría el transporte del mineral por el río Paraguay hacia el de la Plata.

El Plan de Desarrollo contempla un programa de inversiones de 47 millones de dólares en 3 años para elevar las exportaciones correspondientes de 42 millones de dólares en 1960, a 76 millones de dólares en 1966 y a 97 millones en 1971.

### 3. Petróleo

La producción de petróleo crudo en el país fue de unos 560 000 metros$^3$ en 1961, de los cuales se exportó aproximadamente el 12 por ciento. En las importaciones de derivados del petróleo tuvieron ese año alguna trascendencia la gasolina de aviación (15 000 metros$^3$) y el fuel-oil (algo más de 5 000 metros$^3$).

El consumo nacional ha crecido recientemente a una tasa acumulativa del 6 por ciento anual y se prevé que aumente al 8 por ciento en la próxima década. Esa producción, así como la refinación y comercialización de los derivados, están en manos del organismo gubernamental denominado Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos (YPFB), que cuenta con tres refinerías en Cochabamba, Sucre y Camiri, con una capacidad que prácticamente duplica las necesidades actuales. Dispone de 1 800 kilómetros de oleoductos con capacidad para exportar anualmente 500 000 metros$^3$ por Arica y 700 000 a la Argentina; para cumplir con este último volumen se requieren sin embargo algunas modificaciones. El ramal Sica-Sica-Arica, tiene una capacidad que

/llega a

llega a 3.5 millones de metros$^3$ al año, que sólo podrá aprovecharse con un volumen alimentador similar en Sica-Sica, sea mediante un oleoducto que venga desde Santa Cruz, u otro directo desde Camiri.

7 La región petrolera mejor conceptuada en el país es la faja subandina de unos 100 km de ancho, situada al este y noreste de la cordillera oriental. Se extiende desde la frontera con el Perú hasta la frontera con la Argentina. Los yacimientos en explotación se encuentran en Camiri, Guayruy, Itapirenda, Sanandita, Bermejo, Toro y Madrejones. Catorce empresas privadas que acudieron al país después de la publicación del Código del Petróleo adquirieron concesiones propias sobre 5.5 millones de hectáreas. En 1961 se encontraban todas en la etapa de prospección, y sólo una empresa privada había perforado a la fecha 2 pozos con resultados positivos de petróleo, en la zona de Caranda al noroeste de Santa Cruz.

Las reservas probadas de YPFB ascienden a unos 7.5 millones de metros$^3$ sin incluir la zona de Madrejones, no hace mucho incorporada a la producción. Gran parte de esas reservas se concentran en la zona de Camiri. YPFB tiene por meta determinar una reserva de unos 65 millones de metros$^3$, antes de realizar las inversiones necesarias para elevar paulatinamente la producción anual hasta unos 4 millones de metros$^3$ en 1971. De ese modo, además de satisfacer las necesidades del consumo interno, podría exportar 9 y 22 millones de metros$^3$ en los años 1966 y 1971, respectivamente. Se espera que de menos de un 10 por ciento que representó el petróleo en las exportaciones suba en 1971 al 18 por ciento del total.

Las zonas petroleras en producción y las refinerías actuales se encuentran en las vertientes del Amazonas y del Plata, en cuencas tributarias del río Grande y del Pilcomayo principalmente. En términos generales, por la ubicación de las principales reservas y posibles localizaciones de refinerías, no se prevén grandes dificultades para el aprovisionamiento del agua que requiere esta industria, no obstante la cantidad apreciable de sus necesidades, que de acuerdo a la experiencia de varios países llega a un promedio de 12 m$^3$ por tonelada de petróleo refinado.

/4. Industria

## 4. Industria

La industria manufacturera, que representó en 1959 una producción equivalente a 42 millones de dólares, no ha logrado aún la importancia relativa que tiene en otros países de América Latina. Sólo a partir de los años treinta, este sector de la producción tomó cierto impulso, que se acrecentó principalmente durante la guerra del Chaco y la segunda guerra mundial. (Véase otra vez el cuadro 3.)

Como corresponde a su incipiente desarrollo está orientada principalmente a la producción de alimentos, vestuario y otros bienes menores de consumo. Se estima que los dos primeros rubros concentran el 80 por ciento del capital invertido en todo el sector. El valor de la producción alimenticia representó en 1958 más del 25 por ciento de la de toda la producción manufacturera. En el primer grupo industrial citado la producción de bebidas reviste importancia por requerir agua de buena calidad y la industria azucarera necesita también bastante agua. En cambio, la molienda de cereales casi no necesita de ese elemento. En el segundo grupo las industrias textiles requieren agua para blanquear y teñir.

Siguen en importancia en cuanto a volumen de producción las industrias del cemento y vidrios, tabacos, químicas y farmacéuticas, gráficas, mecánicas de la madera, de materiales de construcción, de goma y diversas.

Incluyendo a la artesanía, la industria contribuye con un 11 por ciento al producto bruto y da ocupación a casi el 8 por ciento de la población activa del país.

Sin embargo, cabe señalar que las instalaciones manufacrureras en la mayoría de los rubros anotaban niveles de utilización de sus instalaciones muy reducidos en 1960 generalmente comprendidos entre un 30 y un 50 por ciento.

Las industrias manufactureras se encuentran principalmente en La Paz, aunque también existe alguna actividad de ese tipo en Cochabamba, Oruro, Santa Cruz y Sucre.

Los ingenios azucareros que se encuentran próximos a la ciudad de Santa Cruz, emplean agua subterránea (Guavirá 22 l/seg y la Bélgica 15 l/seg) hay asimismo otras industrias en Cochabamba y Sucre que también se abastecen de agua del mismo origen. Las dos fábricas de cemento que existen (Viacha y Sucre) emplean métodos que requieren muy poca agua.

/El Plan

El Plan de Desarrollo contempla para el período 1958-71 un aumento de la producción: en las industrias alimenticias de 100 por ciento, en las no alimenticias de consumo, de un 125 por ciento, y en las de manufacturas de uso intermedio, de un 230 por ciento, para que el sector en conjunto aumente su participación relativa en el total del producto nacional desde 11.3 por ciento (1958) a 13.4 por ciento (1971).

Por la naturaleza del crecimiento industrial que se prevé para la próxima década cabe esperar que sólo habrán dos o tres actividades de consumo mediano de agua (azúcar y productos químicos principalmente) y que la localización será bastante diversificada.

## 5. Electricidad

La generación de energía eléctrica en 1960 fue de 125 kWh por habitante, valor que es muy inferior al promedio de América Latina estimado en 330 kWh. Por el contrario, si la comparación se efectúa tomando la cantidad de energía eléctrica por unidad del producto bruto interno, esa generación aventaja al promedio regional (1.25 kWh por dólar en Bolivia contra 0.90 aproximadamente en la región). Este último resultado, consecuente con el reducido valor de la producción nacional, refleja el consumo de electricidad en la actividad minera que insume más del 40 por ciento del total del país.

La capacidad instalada alcanzó ese mismo año a poco más de 125 MW; de ella un 71 por ciento era hidroeléctrica. La termoeléctrica puede subdividirse a su vez en la generada con motores diesel (90 por ciento), y la generada a vapor (10 por ciento), que requiere más agua.

Mientras otros sectores de la producción - y así se ha visto en la industria - presentan márgenes de capacidad no utilizada y son por tanto susceptibles de un mayor aprovechamiento inmediato, los sistemas eléctricos tienen una capacidad muy inferior a las necesidades del país. Los servicios públicos hacen frente a esta situación de dos modos principales: negándose a aceptar nuevos clientes (o limitando severamente la magnitud de su demanda) y efectuando racionamientos mediante cortes del suministro de energía y/o bajas de voltaje y frecuencia. Se estimaba que el déficit de la capacidad de los servicios públicos, excluidas las ciudades de La Paz y Oruro, era del orden del 70 por ciento en 1961, considerando una prudente capacidad de reserva.

/No es

No es que no existan en Bolivia recursos naturales convenientes. Por el contrario, los hidroeléctricos, principalmente, son amplios y no han sido aprovechados aún ni siquiera en un uno por ciento. Además, los que se encuentran en el altiplano y los valles son en general de aprovechamiento económico.

La falta de una legislación adecuada y serias deficiencias de organización institucional en este campo, han provocado graves problemas a la economía del país, a través de una política de tarifas desacertada, que ha entorpecido el financiamiento de la expansión de los sistemas y distorsionado la estructura del consumo.

Con centros de pequeña demanda, y separados entre sí por una topografía muy irregular, los sistemas eléctricos se han desarrollado independientemente, con las consecuencias económicas poco favorables inherentes a su reducida magnitud. Sin embargo, de acuerdo con los planes y programas existentes, mediante la construcción del proyecto hidroeléctrico de Corani se integrarían, en un sólo sistema de 500 km de desarrollo más o menos las ciudades de Cochabamba, Oruro, Potosí, Sucre, otras poblaciones próximas y la zona minera respectiva, interconectándose las centrales correspondientes. De ese modo se complementarán ventajosamente las plantas hidráulicas de pasada y de embalse, y las térmicas, tanto para mejorar la seguridad del conjunto como para obtener una operación más económica.

En general el crecimiento previsto de la capacidad instalada se hará fundamentalmente a base de centrales hidroeléctricas, exceptuando el abastecimiento de los centros aislados en los llanos del norte, para lo que se prevé centrales diesel eléctricas, lo mismo que para pequeñas poblaciones del Altiplano, algunas minas y determinadas industrias, a las que, por razones técnicas, les conviene la autogeneración térmica como la industria del azúcar, que quema su propio bagazo. Se determinó que las metas del Plan de Desarrollo exigen, del conjunto de los sistemas de servicio público, un crecimiento en promedio, de 8.3 por ciento acumulativo anual, para la década 1960-70, aunque la intensidad de este crecimiento sea distinto en cada sistema.

Una ley completa de servicios eléctricos como las que existen en otros países latinoamericanos (Perú, Chile, etc.), es indispensable para asegurar un desarrollo normal de la energía eléctrica en armonía con las otras actividades del país.

/III. IMPORTANCIA

## III. IMPORTANCIA DEL AGUA EN LA ECONOMIA

Si bien Bolivia tiene importantes recursos hidráulicos - y muchos se conocen muy poco o nada todavía - su distribución geográfica y estacional a lo largo del año es excepcionalmente irregular. Basta considerar ese hecho, junto a la circunstancia de que el sector agropecuario es con amplísimo margen el que más contribuye en valor a la producción nacional, para comprender que las actividades económicas y sociales dependen grandemente de la disponibilidad de agua.

Algunas cifras, permitirán fijar los verdaderos alcances de esta afirmación. Del total del capital fijo nacional calculado en un equivalente de 947 millones de dólares para 1960, puede estimarse que como mínimo unos 56 millones corresponden a obras hidráulicas, es decir, la relación de éstas con el total es de más o menos el 6 por ciento, debiendo aclararse que el riego se realiza en una elevada proporción con obras rústicas de bajísima inversión, pero que continuamente demandan mucho trabajo para su mantenimiento. (Véase el cuadro 4.) Si bien el resumen publicado del Plan de Desarrollo,[10/] no indica las inversiones previstas en obras de riego y en defensa contra inundaciones en los próximos años, la magnitud relativa de las otras inversiones proyectadas en obras hidráulicas permite pensar que esa relación puede subir a 7 por ciento, o algo más, para 1971.

Ya se vio que el Plan de Desarrollo prevé un incremento de 57.4 por ciento en la superficie cultivada y un 37.9 por ciento en el número de cabezas de ganado. También la productividad media por hectárea deberá elevarse en 17 por ciento. Del incremento de superficie cultivada 140 000 hectáreas corresponden a las regiones relativamente secas del Altiplano (76 000) y los Valles donde la agricultura normalmente necesita del riego algunos meses del año. Además, sobre las mismas regiones gravita casi enteramente el aumento señalado para la productividad media.

En los Valles los rendimientos son susceptibles de apreciables incrementos si los cultivos cuentan con la cantidad necesaria de agua y en el momento oportuno, como es capaz de otorgar el riego con embalses de regulación estacional.

---

10/ Unica fuente disponible al redactar el presente informe.

/Cuadro 4

Cuadro 4

BOLIVIA: CAPITAL FIJO EN OBRAS HIDRÁULICAS ESTIMADO PARA 1960

| | Millones de dólares | Porciento sobre el total en obras hidráulicas |
|---|---|---|
| Agua potable y alcantarillado | 15 | 26.8 |
| Abastecimiento industrial y de minas | 6 | 10.7 |
| Centrales hidroeléctricas | 19 | 33.9 |
| Riego | 13 | 23.2 |
| Canalizaciones y defensas de ríos | 3 | 5.4 |
| Total | 56 | 100.0 |

/Reconociendo que

Reconociendo que en el Altiplano son varios los factores que determinan una baja productividad, hay márgenes apreciables de mejoramientos conjuntos que hacen justificable económicamente, la implantación del riego en muchas zonas. También en los Llanos del sur el riego puede desempeñar un papel preponderante en la producción agropecuaria.

En el proceso de urbanización el abastecimiento de agua potable es indispensable, así como la disponibilidad de un curso de agua, para la eliminación fácil de las servidas y residuales. La concentración urbana ha crecido en los últimos 10 años a un ritmo promedio de 3.3 por ciento anual, previéndose para los próximos 10 que ese ritmo aumente a 3.6 por ciento. La población urbana pasaría así de 1.10 a 1.55 millones de habitantes en los años sesenta.

Para apreciar la magnitud del problema que plantearán los servicios de agua potable y alcantarillado en ese mismo período téngase en cuenta que más del 84 por ciento de la población (1960) carece del primero y que el 90 por ciento no dispone del segundo, con el agregado de que en gran parte los existentes no son satisfactorios ni por la cantidad ni por la calidad del agua suministrada.

El Plan de Desarrollo encara este problema mediante un vigoroso programa de saneamiento, que incluye la construcción de múltiples obras para abastecimiento de agua y eliminación de residuos cloacales, en forma tal que en 10 años se habrá algo más que duplicado la capacidad actual de los servicios.

Por otra parte, conviene señalar la importancia que tiene en el país el agua para el laboreo de las minas y concentración de minerales, así como para numerosas actividades e industrias que no se abastecen de las redes de servicio público; tal es el caso de la explotación y refinación del petróleo, la producción térmica de electricidad, industrias textiles y de bebidas, etc., que en conjunto consumieron (1960) como un 75 por ciento más de agua que la entregada a los servicios de agua potable en todo el país. Con los programas de ampliación de esas actividades previstas por el Plan de Desarrollo, su total duplicará las necesidades de agua.

En Bolivia los recursos hidráulicos han desempeñado siempre un papel muy importante en el abastecimiento de energía eléctrica, pues han cubierto,

/con ligeras

con ligeras fluctuaciones temporables, entre el 80 y 86 por ciento de la generación total del país y entre el 94 y 98 por ciento de la producción de los servicios públicos. En América Latina, sólo en El Salvador, Costa Rica y el Brasil, los potenciales hidráulicos participan en proporción tan elevada para el abastecimiento total de las necesidades eléctricas. Considérese, sólo a fines de comparación, que para sustituir en Bolivia la producción hidroeléctrica por térmica en 1960 se habrían consumido más de 150 000 toneladas de petróleo (con los rendimientos usuales actualmente en América del Sur), y que esa cantidad representaba entonces como un tercio de la producción total de YPFB.

El Plan de Desarrollo prevé una importante adición a la capacidad generadora que se estima en 145 MW hasta 1970, de los cuales como el 90 por ciento correspondería a centrales hidroeléctricas.

Debe recordarse que Bolivia dispone de importantes potenciales hidroeléctricos muchos de los cuales son, por sus características, de aprovechamiento muy económico en relación con el promedio regional para la magnitud de los proyectos usuales hoy en el país.

Una utilización intensa y racional de los potenciales hidroeléctricos combinados con los recursos petroleros (inclusive el gas natural) sería la base de una política en materia de energía acorde con las metas económicas y sociales previstas por el Plan de Desarrollo.

La navegación interior, si bien no ha adquirido aún la importancia que estaría llamada a tener, dispone de una red fluvial extensa, estimada en unos 10 000 km de longitud. Al norte del país los 3 sistemas principales (Mamoré, Beni e Itenez) con unos 4 000 km de recorrido, pertenecen a la cuenca del Amazonas, y cubren una zona en que no existe red de ferrocarriles ni de carreteras. En la parte oriental se tiene acceso al sistema del río de La Plata por intermedio de su afluente el Paraguay. Además de las vías fluviales el lago Titicaca es ampliamente navegable. Dispone desde hace muchos años de un servicio regular de pasajeros y carga entre los puertos de Guaqui (Bolivia) y Puno (Perú).

Para vincular los sistemas navegables a las ciudades que se encuentran en su zona de influencia y principalmente a la red caminera principal del país, se encuentran en construcción (o en proyecto avanzado) numerosos caminos.

/El Plan

El Plan de Desarrollo considera además para la activación del comercio respectivo, importantes inversiones en equipos y materiales destinados a limpieza de los ríos, instalaciones fijas y transporte.

Finalmente, conviene mencionar, como aspectos negativos para la economía debidos a la acción del agua, las inundaciones y la erosión. Son graves las inundaciones que se registran periódicamente en el Altiplano, cerca de Oruro, y en los Llanos entre los ríos Beni, Mamoré e Itonamas, entre los paralelos 12° y 15° aproximadamente.

Simultáneamente con el control de las crecidas de los ríos en esta última zona, sobre todo, deberá abordarse el avenamiento de las tierras llanas y bajas. La desecación de muchos pantanos interesa, no sólo desde el punto de vista de habilitación de tierras para la agricultura y ganadería, sino también para el saneamiento de extensas regiones (malaria, fiebre amarilla, etc.).

En diversas regiones del país (Altiplano, cuencas altas del Pilcomayo y Río Grande) la erosión presenta aspectos gravísimos originada muchas veces por perniciosas prácticas agrícolas y por la destrucción de la vegetación natural, provocando un empobrecimiento colectivo difícil o imposible de reparar. Hasta ahora no parece haberse tomado en el país ninguna medida para la conservación de cuencas.

/IV. PLANIFICACION

## IV. PLANIFICACION DEL SECTOR HIDRAULICO

Para una programación hidráulica adecuada se tropieza en muchos países de América Latina con la falta de información básica sobre las características d los recursos: series cortas de observaciones, falta de continuidad en los registros, carencia de mapas detallados con curvas de nivel, etc. Lamentablemente, Bolivia no hace excepción en esta materia.

Un problema similar, pero menos intenso y cuya solución no requiere, com en el caso de las estadísticas hidrológicas, varios años de observaciones, es el que se plantea en la determinación de las demandas de agua para los distintos usos.

Un análisis permanente que relacione las modalidades del desarrollo econ mico y social con las demandas resultantes en el campo hidráulico, contribuir a asentar el trabajo futuro sobre bases más sólidas.

Por la irregular distribución de las precipitaciones en su territorio, Bolivia presenta regiones, como la del centro y sur del Altiplano y en menor grado algunos valles (Cochabamba y Tarija, por ejemplo), en que el agua es escasa, extremándose esta situación entre los meses de abril a octubre, que representan medio año de virtual sequía. Por consiguiente, el agua es allí un factor limitativo serio para el desarrollo económico, y se requiere una atención especial de los organismos de planificación en la materia, para lograr el mejor aprovechamiento de los recursos.

Para los fines del presente trabajo no pudo establecerse balances integrales entre las necesidades de agua proyectadas al futuro y las disponibilidades del recurso hídrico, ni siquiera para las cuencas o subcuencas ubicadas en las zonas más secas antes señaladas. En consecuencia, no fue posible llegar a conclusiones concretas con respecto a las obras más recomendables en cada caso.

Conviene señalar sin embargo que la realización de esos balances, aunque sólo sea a grandes rasgos, es una tarea básica para la correcta planificación del aprovechamiento de los recursos hidráulicos, al más bajo costo en conjunto, mediante el empleo de obras con fines múltiples.

/V. FINANCIAMIENTO

## V. FINANCIAMIENTO

Un análisis somero de las metas y cifras que registra el Plan de Desarrollo, complementadas con algunas estimaciones realizadas directamente por la misión, permitieron preparar el cuadro 5. La primera columna registra el capital fijo que existía en el país en 1960 en las diversas obras hidráulicas, expresado en porcentaje del capital fijo total de la nación, y la segunda presenta las inversiones que se espera realizar en aquéllas obras durante el período 1961-71, en porcentaje de las inversiones brutas totales del país. Aunque las dos columnas expresan conceptos diferentes 11/ las cifras muestran una mayor importancia relativa de las obras hidráulicas, en los próximos años, en relación con el capital fijo nacional, aunque el incremento parezca modesto a la luz de la importancia que tendrá el adecuado empleo del agua en el desarrollo económico y social de Bolivia.

Por la importancia que reviste el riego para la agricultura en el país - excepción hecha de las regiones de los Llanos del Norte y en particular de los del Oriente -, hay una alta probabilidad de que las sumas destinadas a ese fin sean superiores a las adoptadas provisionalmente en este estudio. Es concebible suponer que para el futuro, a base de análisis y programas cada vez mejor elaborados, las inversiones asociadas al aprovechamiento del agua eleven considerablemente su participación, aproximándose tal vez al 10 por ciento de las inversiones brutas totales.

Las conclusiones y recomendaciones que se presentan en los capítulos siguientes de este informe proporcionan la base para orientar decisiones de ese tipo. Se han procurado destacar los aspectos que más interesan a los organismos de planificación económica y social con el objeto de que dispongan de las informaciones requeridas para enmendar rumbos en determinados aspectos, o intensificar su acción en otros.

Como, por una parte, el sector público controla ya alrededor del 45 por ciento del producto bruto interno, y el Plan de Desarrollo postula aumentar aún más esa participación fiscal en la producción, y por otra, las características propias de las obras hidráulicas, que son obras de infraestructura, representan una elevada densidad de capital, es obvio esperar que las inversiones provendrán del presupuesto nacional en un elevado porcentaje.

Probablemente sólo en el sector de la hidroelectricidad, el capital privado participa en un grado significativo para el financiamiento de esas obras.

---

11/ No se homogeneizaron por falta de informaciones sobre el ritmo de depreciación del capital para los diversos rubros.

Cuadro 5

BOLIVIA: CAPITAL FIJO (1960) E INVERSIONES EN OBRAS HIDRAULICAS (1961/71)

| | 1960 | 1961/71 |
|---|---|---|
| | Proporción sobre | |
| | el capital fijo nacional en diciembre 1960 a/ | la inversión bruta (1961/71) b/ |
| Agua potable y alcantarillado | 1.6 | 2.0 c/ |
| Abastecimiento industrial y de minas | 0.6 | 0.6 |
| Centrales hidroeléctricas | 2.0 | 2.5 |
| Riego | 1.4 | (1.8) |
| Canalizaciones y defensas de ríos | 0.3 | (0.3) |
| Total | 5.9 | 7.2 |

a/ 947 millones de dólares.

b/ Estimada en 1 293.5 millones de dólares.

c/ La inversión considerada aquí es superior en un 30 por ciento aproximadamente, a la considerada en el Plan de Desarrollo por las razones que se indican en el Capítulo IX. y en el supuesto de que se abastezca con agua potable sólo al 90 por ciento de la población urbana. (Véase agua potable y alcantarillado, en el acápite Inversiones Necesarias).

/VI. ASPECTOS

## VI. ASPECTOS LEGALES Y ADMINISTRATIVOS

No parece existir en Bolivia una base jurídica adecuada que norme el aprovechamiento de los recursos hidráulicos en sus diversas aplicaciones. Aparentemente son poco adecuados los procedimientos para la concesión de mercedes de agua en las que no tiene ingerencia alguna la Junta Nacional de Planeamiento.

Además de anotar la necesidad de un código de aguas moderno, que reemplace las disposiciones legales dispersas y muchas de ellas anticuadas[12/] de los códigos Civil y de Minas y del Decreto de la Reforma Agraria, se considera urgente la adopción de determinadas medidas administrativas y de organización, requeridos para formular y hacer viable un programa de desarrollo de los recursos hidráulicos. Se pueden citar, entre otros, como puntos principales en este aspecto: a) la asignación unívoca de labores ejecutivas y responsabilidades a los distintos organismos o reparticiones públicas por funciones específicas en el empleo del agua; b) el fortalecimiento de la capacidad de esos organismos - legal, económica, técnica, etc. - para cumplir adecuadamente las labores encomendadas y c) la creación de un Centro Coordinador de Recursos Hidráulicos encargado de la formulación de la política general en esta materia y de la integración de las actividades de los organismos ejecutivos. En el capítulo correspondiente se hacen las recomendaciones detalladas para una acción inmediata.[13/]

Por otra parte, cabe señalar la importancia especial que tienen para el país los aspectos legales relacionados con los ríos y lagos de carácter internacional y la necesidad de investigar sus características y posibilidades de aprovechamiento con el fin de tomar iniciativas y participar oportunamente en los respectivos proyectos de desarrollo.

---

12/ Ley del 4 de noviembre de 1874, 28 de noviembre de 1905 y Decretos Supremos del 26 de junio de 1896, 17 de febrero de 1902 y 17 de octubre de 1902.

13/ Véase el capítulo VIII.

/Como se

Como se indica más adelante, se considera de urgente necesidad la obtención de los servicios de un experto en legislación hidráulica que estudie las posibles incompatibilidades y defectos de las disposiciones vigentes, y prepare las bases de un código de aguas.

## VII. DISPONIBILIDAD GENERAL DE INFORMACION

Varios organismos internacionales, extranjeros y nacionales, así como empresas privadas, especialidazadas en diferentes materias, han investigado los recursos hidráulicos de Bolivia con distintos grados de acuciosidad y con resultados también diversos. Aunque se ha realizado bastante trabajo en este campo, los resultados obtenidos dejan mucho que desear en relación con los esfuerzos hechos.

Estas investigaciones han tenido variados objetivos y los informes correspondientes y las experiencias logradas, no siempre se han publicado oportunamente ni han llegado a conocimiento de todas las instituciones, gubernamentales o privadas, que podían haber sacado provecho de ellas. Ello ha aparejado cierta falta de orientación en los trabajos emprendidos, en algunos casos, superposiciones de labor, y en otros, la pérdida de informaciones valiosas.

La recolección sistemática y la evaluación de todo el trabajo ya ejecutado en el país puede contribuir enormemente al logro de una sana política nacional sobre los recursos hidráulicos. Algunas reparticiones de la administración pública, debidamente seleccionadas, podrían realizar esta tarea, bajo la dirección general de la Junta Nacional de Planeamiento. Un resumen de esa labor sería:

a) Juntar todos los antecedentes estudios, informes, resoluciones, etc. relativos a recursos hidráulicos realizados hasta ahora; y los que se hagan en el futuro irlos agregando a esa colección;

b) Clasificar este material de acuerdo con diferentes temas, cuencas y usos del agua;

c) Mantener un índice central, abarcando todas las actividades sobre recursos hidráulicos;

d) Hacer una evaluación de todo el material reunido, y

e) Mantener informados a todos los organismos interesados en las distintas materias, sobre las actividades correspondientes.

/De este

De este modo, cualquier institución o experto que en el futuro realice estudios o investigaciones, tendrá a la mano toda la información existente, facilitándose grandemente su labor. Esta clasificación sistemática ayudaría también a planificar nuevas investigaciones y proyectos en el vasto campo del aprovechamiento del agua, y permitiría hacer rápida comparación con el trabajo ya ejecutado.

## 1. Antecedentes básicos

Además de las estadísticas meteorológicas e hidrológicas, se necesita mucha información técnica para la evaluación de proyectos y formulación de programas integrales para el desarrollo de cuencas. Sin embargo, la mayor parte de estas informaciones no existen en los organismos y reparticiones bolivianas relacionadas con los recursos hidráulicos.

Muchos proyectos sobre riego, energía hidroeléctrica, etc. deberán revisarse cuando se obtengan los datos correspondientes. Hay muy poca información en materia de fotografías aéreas y levantamientos cartográficos generales, hidrología, recursos superficiales y subterráneos de agua, geología, análisis de suelos, erosión, sedimentación, hidrografía, análisis sobre la calidad de las aguas, sismología, etc., para realizar evaluaciones adecuadas de los recursos correspondientes.

Aparte los organismos públicos y privados que realizan observaciones hidrometeorológicas e hidrológicas, y que son objeto de un examen detallado en los capítulos correspondientes, conviene pasar revista aquí, brevemente, a la disponibilidad general de otros antecedentes básicos y los organismos encargados de su investigación.

## 2. Agua subterránea

A pedido del Gobierno la Oficina de Asistencia Técnica de las Naciones Unidas destacó al experto señor B. Hudson en 1957 para realizar investigaciones sobre disponibilidad de agua subterránea en determinadas regiones del país en que el recurso superficial es insuficiente para las necesidades del suministro urbano o riego. Se creó entonces una repartición pública que desde 1959 pasó a depender de la Corporación Boliviana de Fomento con el nombre de "Servicio de Agua Subterránea de la CBF". Cuenta en la actualidad con 5 sondas rotatorias y 10 vehículos, como equipo de trabajo.

Hasta 1961 el "Servicio" había perforado 107 pozos, la mayoría de ellos en el valle de Cochabamba, región de Santa Cruz y el Chaco. Estando obligado a autofinanciarse, no le ha sido posible efectuar investigación hidrogeológicas, aunque esa labor se considera muy necesaria para el país.

Muy poco más fuera de la información - reducida aún - correspondiente a la experiencia de esta oficina puede encontrarse en Bolivia sobre esta materia; tal vez en una repartición del ejército, y en poder de dos o tres perforadores privados que actuaban independientemente hasta la creación del "Servicio".

### 3. Hidrografía

En diciembre de 1960 se creó por un Decreto Supremo la Dirección Nacional de Navegación e Hidrográfía, pero en realidad no se disponen aún sino de unas pocas indicaciones hidrográficas generales, contenidas en los informes de los expertos de las Naciones Unidas, señores Merlin y Krauss, quienes navegaron el Ichilo y el Mamoré en ese año, y recogieron breves referencias sobre los otros sistemas fluviales mayores.

Sobre la importancia de las labores hidrográficas que deberá cumplir la institución antes citada y la organización que conviene darle para el éxito de sus tareas se habla más adelante.[14/]

### 4. Análisis de aguas

Sólo el Servicio Interamericano de Salud en Cochabamba tiene un departamento encargado de realizar algunos análisis sobre las características físicas, químicas y bactereológicas de las aguas destinadas al suministro urbano. Sim embargo, su efectividad práctica es muy relativa, pues la mayoría de los sistemas de agua potable carecen en Bolivia de plantas de tratamiento y, dados los medios de transporte disponibles, probablemente transcurre mucho tiempo para que los análisis bacteorológicos sean significativos entre la toma de las muestras en una ciudad, y su entrega al laboratorio en Cochabamba.

---

14/ Véase el capítulo VI.

/5. Erosión

## 5. Erosión y sedimentación

No hay en el país organismo o reparticiones que sean responsables de efectuar observaciones o ejercer control sobre problemas de erosión y sedimentación. Se recomienda en el lugar pertinente[15/] la creación de una sección encargada de estos problemas, en todos sus aspectos.

## 6. Aerofotografía e interpretación

La fotografía aérea se ha utilizado en Bolivia hasta hace poco casi exclusivamente en relación con la prospección magnetométrica que realizan las empresas petroleras privadas. Con esas tareas se ha cubierto la parte del país que se extiende desde la región de Santa Cruz, por el este, hasta las estribaciones orientales de la Cordillera Real, y desde la zona del Ichilo-Mamoré, hasta Sucre, por el sur.

El Instituto Geográfico Militar del Ministerio de Defensa Nacional, con la asistencia del ejército norteamericano (Interamerican Geodetic Service)está realizando un extenso programa de aerofotogrametría. Su trabajo está coordinado con el de las compañías petroleras privadas, que han puesto a disposición del Instituto los levantamientos (foto-films) realizados por ellas. El Instituto tiene el plan de cubrir el total del territorio nacional incluyendo la confección de mapas con líneas de nivel.

El Fondo Especial de las Naciones Unidas realizaba un amplio relevamiento aerofotográfico en 1962 en la zona comprendida entre Cochabamba Sucre y Potosí, dentro de un plan de prospección minera.

Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos también está ejecutando algunas investigaciones aerofotográficas en su programa de prospecciones geofísicas.

No obstante toda esa colaboración y la ayuda norteamericana actual, el Instituto, con el bajísimo presupuesto anual de que dispone - 25 000 dólares - sólo podrá terminar el plan que tiene en ejecución a 25 años plazo. En otras palabras, es pequeñísima en relación con la magnitud del territorio nacional, la disponibilidad de antecedentes cartográficos detallados, que se limitan a unas pocas zonas del país.

---

15/ Véase el capítulo VII.

/7. Análisis

## 7. Análisis de suelos

En el examen de varios proyectos de riego se pudo comprobar que se carecía de información adecuada sobre las calidades de los suelos. Las investigaciones pertinentes deben cubrir, además de la composición del suelo y sus características físicas - estructura, porosidad, permeabilidad, reacciones, etc. - aspectos tan importantes como: a) disponibilidad nutritiva para los cultivos; b) resistencia efectiva a la erosión; c) adecuada humedad para satisfacer las necesidades de agua de las plantas por las lluvias y por el riego; d) aereación hasta una profundidad conveniente para el desarrollo adecuado de las raíces; e) ausencia de sustancias químicas adversas, etc.

## 8. Sismología

Aparentemente sólo en el observatorio de San Calixto de La Paz (Orden de los Padres Jesuítas) existe un sismógrafo en operación. Se destaca su importancia por ser el único en una gran extensión distante centenares de kilómetros de otros observatorios similares.

# Capítulo I

# METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

## I. LA HIDROMETEOROLOGIA EN BOLIVIA

### 1. Datos disponibles

Las observaciones sistemáticas de precipitación comenzaron en el año 1942 con la creación del Servicio Meteorológico, aunque se debe señalar que con anterioridad se efectuaban ya observaciones en algunos lugares, siendo las más antiguas las de La Paz, Sucre, las Barreras, Incachaca, Apolo, etc. El registro de La Paz, que es el más largo, se extiende hasta 1891.

La cantidad de estaciones de todo tipo, cuyas observaciones se hallan en los anuarios meteorológicos, ha oscilado continuamente, pudiéndose observar en el cuadro 6, cómo varió esta cantidad desde el año 1945 hasta 1959. Los valores publicados son algo irregulares, pues en ciertas estaciones no aparecen las observaciones de todos los meses, especialmente en las pluviométricas. Se nota también en algunas que los días observados no corresponden al total de los del mes.

Conviene hacer un rápido análisis de datos a base de las estaciones que aparecen en los anuarios de los últimos años y algunas otras que se destacan por su importancia. Aunque al total que se toma en cuenta podrían agregarse otras, éstas no operan actualmente, o sus registros son muy reducidos y su valor se ha estimado en poca utilidad. El total así considerado se eleva a 171 estaciones. Se puede tener una primera distribución al observar su número y densidad por departamentos. (Véase el cuadro 7.)

Las mayores densidades se registran en los departamentos de Cochabamba con 0,67 estaciones por cada 1 000 kilómetros$^2$. Siguen luego La Paz y Oruro, ambos con 0.28, y Potosí, con 0.23. No es de extrañar al observar el cuadro citado que en un país en que la población se distribuye muy desigualmente y en que hay grandes zonas con escasa población la distribución de estaciones sea también desigual.

Un segundo análisis puede efectuarse considerando las densidades en las grandes cuencas hidrográficas.(Véase el cuadro 8.) La más favorecida

/Cuadro 6

Cuadro 6

BOLIVIA: ESTACIONES SINOPTICAS, CLIMATOLOGICAS Y PLUVIOMETRICAS PUBLICADAS EN LOS "ANUARIOS METEREOLOGICOS"

| Año | Estaciones sinópticas | Estaciones climatológicas | Estaciones pluviométricas | Total |
|---|---|---|---|---|
| 1945 | 62 | | 46 | 108 |
| 1946 | 74 | | 52 | 126 |
| 1947 | 33 | 34 | 51 | 118 |
| 1948 | 30 | 37 | 42 | 109 |
| 1949 | 29 | 38 | 91 | 158 |
| 1950 | 35 | 30 | 109 | 174 |
| 1951 | 30 | 45 | 67 | 142 |
| 1952 | 29 | 33 | 53 | 115 |
| 1953 | 29 | 31 | 57 | 117 |
| 1954 | 30 | 35 | 47 | 112 |
| 1955 | 30 | 37 | 50 | 117 |
| 1956 | 30 | 28 | 50 | 108 |
| 1957 | 34 | 38 | 49 | 121 |
| 1958 | 32 | 49 | 31 | 112 |
| 1959 | 23 | 46 | 42 | 111 |

/Cuadro 7

Cuadro 7

BOLIVIA: DENSIDAD POR DEPARTAMENTO DE LAS ESTACIONES PLUVIOMETRICAS

| Vertiente | Superficie (miles de km$^2$) | Número de estaciones | Densidad por 1 000 km$^2$ |
|---|---|---|---|
| Beni | 213.6 | 10 | 0.05 |
| Cochabamba | 55.6 | 37 | 0.67 |
| Chuquisaca | 51.6 | 11 | 0.21 |
| La Paz | 134.0 | 38 | 0.28 |
| Oruro | 53.6 | 15 | 0.28 |
| Pando | 63.8 | 1 | 0.02 |
| Potosí | 118.2 | 27 | 0.23 |
| Santa Cruz | 370.6 | 24 | 0.06 |
| Tarija | 37.6 | 8 | 0.21 |
| País | 1 098.6 | 171 | 0.16 |

/Cuadro 8

Cuadro 8

BOLIVIA: DENSIDAD POR CUENCAS DE LAS ESTACIONES PLUVIOMETRICAS

| Vertiente | Cuenca | Superficie (miles de km$^2$) | Número de estaciones | Densidad por 1 000 km$^2$ |
|---|---|---|---|---|
| Amazonas | Beni | 175 | 25 | 0.14 |
| | Acre y Abuna | 27 | 1 | 0.04 |
| | Manoré | 264 | 60 | 0.23 |
| | Guaporé | 278 | 11 | 0.04 |
| Plata | Paraguay | 94 | 3 | 0.03 |
| | Pilcomayo | 98 | 25 | 0.25 |
| | Bermejo | 12 | 4 | 0.33 |
| Interna | Titicaca | 89 | 35 | 0.39 |
| | Uyuni | 61 | 7 | 0.11 |
| País | | 1 098 | 171 | 0.16 |

/es la

es la que corresponde a los lagos Titicaca, Poopó y Coipasa, que tiene una densidad de 0.39 estaciones por cada 1 000 kilómetros$^2$. Siguen, luego las cuencas de los ríos Bermejo, con 0.33, Pilcomayo con 0.25, Mamoré con 0.23, Beni con 0.14, etc.

Todos los valores obtenidos son sensiblemente bajos y, por lo tanto, hay grandes extensiones con carencia absoluta de datos de precipitación. Esta situación se agrava al considerar los registros, pues muchos son de pocos años de extensión.

Desde el punto de vista hidrológico es también un grave problema la ausencia casi total de pluviógrafos.

La disponibilidad de datos mejora algo en algunas pequeñas zonas en Cochabamba, pero aún en ellas no se alcanza el mínimo aconsejable para realizar estudios hidrológicos de valor, pues por tratarse de una zona de topografía muy irregular, con innumerables valles y quebradas, no es extraño que existan valores locales de la precipitación. Zonas montañosas como son los Yungas en el Departamento de La Paz y los valles en los departamentos de Chuquisaca y Tarija requieren igualmente mayor densidad de estaciones que en el Oriente y en el Altiplano.

Finalmente, para apreciar en general la extraordinaria deficiencia de datos de precipitación existente bastará decir que corresponde a todo el país una estación cada 6 400 kilómetros$^2$ o sea una densidad de 0.16 estaciones por cada 1 000 kilómetros$^2$.

## 2. Distribución geográfica de la precipitación

Los estudios realizados sobre la precipitación son anteriores al año 1948, y por tal motivo los registros considerados han sido en general de pocos años de observación. Con el objeto de presentar un panorama general lo más ajustado posible a la realidad, utilizando la información hasta ahora obtenida se ha efectuado un análisis. Del examen de los datos, surge la conclusión de que el análisis de la precipitación con la información disponible hasta ahora no puede ser en manera alguna definitiva y la mayor acumulación de datos que se efectúe podrá modificar los resultados aquí obtenidos, aunque se considera que no afectarán las características generales de la distribución geográfica, sino más bien a pequeñas zonas y a la distribución anual de reducidos porcentajes.

/Con el

Con el fin de uniformar las observaciones consideradas, se ha tomado un período básico desde 1945 hasta 1959. Sólo 30 estaciones tienen sus registros completos en ese lapso. Algunos otros se han homogenizado a ese período y otros meramente se han considerado como simple guía. Cabe hacer notar que en algunos registros en que han faltado observaciones aisladas se ha tratado de estimar su valor, cuando ello ha sido posible.

Se ha tratado de salvar las lagunas que se han presentado en zonas de datos escasos con la ayuda de la orografía a base de curvas de nivel y el conocimiento de los desplazamientos de masas de aire, frentes y vaguadas sobre territorio boliviano.

También se han requerido datos de todos los países limítrofes de las zonas cercanas a las fronteras, para poder dar mejor orientación a las isoyetas y al mismo tiempo como confrontación de los datos de Bolivia. Teniendo en cuenta todos estos factores han sido trazadas las isoyetas anuales medias para el período estudiado. (Véase el mapa II.) Su examen sugiere algunas consideraciones y también es posible la justificación en la disposición de las isoyetas.

Los valores más bajos de todo el país aparecen en el sudoeste del Altiplano. Aunque las estaciones en esa región son escasas, no es difícil precisar que su extremo sudoeste tiene precipitaciones inferiores a los 100 milímetros. El menor valor determinado es Chiguana, con 84 milímetros. En esta zona las isoyetas se orientan de noroeste a sudeste y aumentan progresivamente de valor hacia el noreste.

Casi todo el Altiplano tiene precipitaciones anuales promedias inferiores a los 600 milímetros. Unicamente la zona cercana al lago Titicaca registra valores mayores y en Copacabana supera a los 900 milímetros.

Se nota luego, en general, una concentración de isoyetas en la región de los Valles, Yungas y Quebradas, teniendo éstas una orientación similar a la Cordillera y sus contrafuertes.

Varias causas contribuirían a la distribución de lluvias en el Altiplano y zonas adyacentes. El anticiclón del Pacífico sur impide el desplazamiento de sistemas frontales desde el oeste y la gran barrera que

/significa la

significa la Cordillera de los Andes complementa su acción para evitar que lleguen desde el oeste y sur masas de aire que pudieran hacer un aporte de humedad de cierta importancia. En cambio, en la parte este los desplazamientos frontales que pueden avanzar desde el sur por los llanos provocan el ascenso de masas tropicales, ya sea por acción directa, o combinándose con el relieve orográfico de los contrafuertes del este, para producir sobre estos la condensación y precipitación de parte de su humedad y en menor cantidad en los bordes del Altiplano. Las mismas masas frías pueden ascender algo sobre aquéllos, especialmente cuando sus desplazamientos tienen una cierta componente de aire. Es explicable de este modo el mayor aumento de la precipitación en las estribaciones cordilleranas, que especialmente se nota en los afluentes del río Grande.

La zona del lago Titicaca es el lugar de precipitaciones más altas del Altiplano. Puede explicarse este fenómeno por razones que actúan por separado o concomitantemente. El lago es una fuente de humedad estraordinaria a alturas en que las masas de aire no reciben normalmente ningún nuevo aporte. La alta radiación y los vientos más fuertes que ocasiona la altura, deben originar una intensa evaporación del lago, favoreciendo la formación de masas nubosas que en algunas circuntancias precipitarán en zonas cercanas. También puede observarse que en la zona al noreste del lago, la Cordillera Oriental presenta, desde el nevado de Illampu hasta el nevado de Sunchulli en el extremo del nudo de Apolobamba, una pronunciada disminución en su altura que permite un mayor pasaje de masas tropicales portadoras de más humedad hacia esa zona cuando su desplazamiento es desde el norte o noreste.

En el sector norte, en la región de los Yungas, se aprecia una mayor concentración de isoyetas, con orientación noroeste-sudeste, desde las más altas cumbres hasta Rurrenabaque, por donde pasa la de valor 1 800. Esta distribución general sobre las estribaciones no excluye la existencia de pequeños centros con precipitaciones mayores en los Yungas, como sería el caso de Sacramento Chico a los pies del Illimani, etc. y cuyos registros, de pocos años, tienen valores altos, pero no permiten aún definir sus promedios.

/Las estribaciones

Las estribaciones de la Cordillera Real hacia el norte facilitan el ascenso de las masas de aire tropical que avanzan con persistente dirección del sector norte, se elevan sobre ella condensando y precipitando gran parte de su humedad.

Es de extraordinario realce la gran concentración de isoyetas que se extiende en las faldas de la Cordillera Real comenzando en el nevado Illampu y siguiendo hacia el sudeste hasta la zona de Tapacari, Quillacollo y Morochata, donde dicha concentración se ordena a lo largo de la cordillera de Cochabamba. De acuerdo con los datos existentes, es a los pies de esta última donde se producen las máximas precipitaciones del país. Todos Santos tiene un promedio anual que supera los 2 800 milímetros, y su máximo anual es 3 500, pero es muy posible esperar, que cuando se intensifiquen las observaciones, se localicen lugares con valores más altos. Esto ya se insinúa en Villa Tunari, donde en 3 años de observación hay 2 que superan los 4 000 milímetros. Por otra parte, la favorable formación orográfica y la concurrente evolución del tiempo permiten anticiparlo así.

La Cordillera de Cochabamba se yergue abruptamente frente a los Llanos Orientales, pues en un ancho de 50 kilómetros se eleva desde los 600 metros sobre el nivel del mar hasta una altura media de unos 4 000 metros. Semejante barrera obliga a las masas de aire que chocan contra ellas - con prevalente dirección del sector norte - a elevarse y precipitar gran parte de su humedad en una estrecha zona. Esta elevación se ve favorecida por los desplazamientos frontales del sur en la zona oriental que, al llegar a la zona de Santa Cruz sufren un marcado proceso estacionario, justamente a causa de la disposición que presentan la Cordillera Real y sus estribaciones. Se produce así al pie de la Cordillera de Cochabamba un encajonamiento para todas las masas de aire que avanzan del sector norte, cuya única salida es el desplazamiento vertical.

Todas las extensas planicies del Oriente que comprenden los departamentos de Pando, el extremo norte del de La Paz, y el Beni, al oeste del río Mamoré, puede decirse que tienen una precipitación anual bastante uniforme - alrededor de 1 800 milímetros -, y aunque toda una amplia zona entre las localidades de Cobija, Riberalta, Rurrenabaque y Santa Ana, que

/supera los

supera los 120 000 $km^2$, no posee una sola estación, dadas las muy uniformes características orográficas y las relativamente similares condiciones metereológicas, no cabe esperar que la obtención de nuevos datos modifique sustancialmente esta descripción.

Desde esta región desplazándose por los Llanos hacia el sudeste la precipitación promedia anual ya disminuyendo, con la excepción de una zona que comprende Santa Cruz, Montero y la zona adyacente hacia el noreste. Los lugares de menor precipitación en el Oriente están localizados en la frontera con el Paraguay y puede decirse que parte de ella coincide con la isoyeta de 600 milímmetros.

Es oportuno señalar que en el sector noreste de los Llanos limitado por Puerto Ustarez, El Carmen, Asunción, Concepción y San Ignacio de Velazco, con una superficie superior a los 100 000 $Km^2$, no existen estaciones pluviométricas. No sería extraño localizar allí, en el futuro, lugares con precipitaciones anuales superiores a los indicados por los isoyetas.

## 3. Variación anual de la precipitación

### a) Anual

En el mapa III se ha dibujado para una serie de estaciones la distribución mensual de la precipitación con el fin de presentar sus características en todo el país. Fácil es apreciar el carácter eminentemente estacional de la misma y en toda la república se presentan dos períodos, uno más lluvioso, localizado en el verano, y otro con precipitaciones menores en el invierno.

Con el objeto de determinar ambos períodos se han calculado los cocientes pluviométricos según Angot. Su cálculo se efectúa dividiendo el promedio mensual procentual de la precipitación por otro porcentaje mensual teórico que supone una distribución uniforme de la precipitación a lo largo del año (Anexo). Valores mayores que uno representan períodos más lluviosos e inferiores a uno menos lluviosos o sin lluvias.

Se han confeccionado tres gráficos 1/ con estos valores, agrupando las estaciones según pertenecieran al Altiplano, a los Valles de Yungas y a los Llanos. Unicamente la isolínea de valor uno fue trazada.

---

1/ Véanse los gráficos I a III del anexo. Todos los gráficos mencionados después así como los mapas pueden encontrarse también allí.

/En el

En el Altiplano (gráfico I) la época lluviosa comienza a fines de noviembre y termina a fines de marzo, a excepción de la zona de Copacabana que continúa hasta mediados de abril. Se puede apreciar en el mapa III que el mes de más precipitación para esta zona es en general enero, pero en algunas estaciones puede ser diciembre y excepcionalmente febrero. En cambio, el mes con menor precipitación puede variar ampliamente y se tiene más bien un período de poca precipitación que va desde abril a octubre o noviembre.

Los Valles y Yungas presentan una pequeña diferencia. Su época lluviosa empieza a fines de octubre, a excepción de la región de Cochabamba, Totora y Aiquile, en que comienza a principios de noviembre. El final de esa época se presenta a mediados de abril en Apolo y en el resto es a fines de marzo (zona de Cochabamba, Totota y Aiquile) o a principios de abril (gráfico II). El mes de mayor precipitación es enero, aunque en algunos lugares suele ser febrero. Aquí las precipitaciones mínimas mensuales se ubican principalmente en junio, pero también se encuentran desde mayo hasta agosto,

Los Llanos tienen características muy similares a los Valles y Yungas (gráfico III). El período lluvioso principia a mediados de octubre en la zona norte de Cobija, San Joaquín y Santa Ana y al sur, en el sector de Roboré y Puerto Suarez, y a fines del mismo mes en la zona central de Trinidad, Ascensión, Concepción y San Ignacio de Velazco. Su término sucede en los primeros días de abril, a excepción de la zona de Cobija en que es a mediados del mes. La mayor precipitación mensual (véase de nuevo el mapa III) se produce en enero, pero en unos pocos casos también ocurre en diciembre o febrero. Los meses con menor valor son julio o agosto y excepcionalmente junio.

Como se ha dicho, el carácter estacional de las precipitaciones es evidente y con el objeto de valorar cuantitativamente esta característica se han calculado con respecto al total anual los porcentajes de la precipitación desde octubre a marzo y desde diciembre a marzo. Estos porcentajes figuran en el cuadro 4 en que se han agrupado algunas estaciones, representativas para las cuatro regiones siguientes: Altiplano, Valles, Llanos del norte y Llanos orientales. Para todo el país, considerado por regiones, más del 53 por ciento de la precipitación cae entre diciembre y marzo y más del 72 por ciento entre octubre y marzo.

/El conjunto

El conjunto tomado para los Valles igualmente señala una marcada estacionalidad y los valores promedios dan 73 y 90 por ciento para los intervalos anteriores, estando los porcentajes particulares ligeramente distribuidos entre 67 y 78 y entre 84 y 95 respectivamente.

Los Llanos, en general, tienen una estacionalidad menor que los Valles y el Altiplano. Los del norte acumulan el 58 por ciento de la lluvia entre diciembre y marzo y el 78 por ciento entre octubre y marzo. Las estaciones tienen porcentajes entre 51 y 61 por ciento para el primer lapso y entre 68 y 82 por ciento para el segundo.

Los Llanos orientales es la región con menor irregularidad en la precipitación y, por lo tanto, los porcentajes para los lapsos considerados son los menores, siendo los valores del promedio 53 y 72 por ciento, y para las estaciones individuales los extremos van desde el 48 hasta el 57 por ciento y entre el 64 y 77 por ciento, respectivamente. Se puede señalar que de las estaciones consideradas, Santa Cruz es la de precipitación más uniforme, lo que estaría justificado por las condiciones meteorológicas de que se habla más adelante.[2/]

b) Mensual en torno a su promedio

La variabilidad de la precipitación mensual es normalmente más acentuada que la variabilidad anual y su estudio es necesario para considerar las posibilidades de aprovechamiento hidráulico. Con este fin y el de complementar el análisis de la precipitación anual se han volcado, en forma gráfica los totales mensuales para un período de 15 años que se ha tratado de uniformar entre 1945 y 1959 con el objeto de establecer comparación entre estaciones ubicadas en diferentes zonas. (Véanse los gráficos IV al XVII.) Además se han calculado las relaciones entre los menores y mayores valores mensuales con el promedio correspondiente. Como era dable esperar, estos coeficientes tienen en general mayores amplitudes en las regiones más secas, y contrariamente son menores en las regiones húmedas. Cabe apreciar las desviaciones que pueden esperarse en un mes con respecto a su valor promedio mensual.

En la zona más húmeda del país ubicada en los Llanos al norte de la Cordillera Real (mapa III, Rurrenabaque (gráfico IV)) puede considerarse como

2/ Véase el capítulo IV.

/representativa de

representativa de la misma. Los coeficientes citados extremos son 0.04 y 3.22, indicando que la precipitación mensual puede variar entre 4 y 322 por ciento del valor promedio. Esto sucede en los meses de agosto y septiembre que son los más secos y en los que siempre es posible esperar lluvia; aún en los más anormales existen precipitaciones de unos 15 milímetros.

En una región que puede ser clasificada climatológicamente como tropical, pero menos húmeda que la anterior, se encuentran las localidades de Cobija, Riberalta y Trinidad. En esa amplia zona que comprende casi todo el departamento de Beni y Pando la precipitación tiene una mayor irregularidad. (Véanse los gráficos V al VII.) Meses sin precipitación se han presentado en repetidas ocasiones desde junio a agosto y las oscilaciones extremas que ocurren también en ese lapso son 0 y 346 por ciento en Cobija, 0 y 510 por ciento en Riberalta y 0 y 636 por ciento en Trinidad.

En la más extensa de las zonas climáticas - la sabana tropical - están las estaciones Roboré, Puerto Suárez y Santa Cruz. (Véanse los gráficos VIII al X.) Puede observarse que las posibilidades de meses con precipitación cero o muy bajas con poco o ningún efecto hidrológico y/o fisiológicos son mayores, pero los porcentajes de lluvias mensuales más altas no superan los valores de la zona anterior (352 por ciento en Roboré, 403 por ciento en Santa Cruz y 428 por ciento en Puerto Suárez).

En Yacuiba (gráfico XI, ubicada en una zona aún más seca, se manifiesta una mayor variación, ya que los porcentajes varían desde 0 a 1 128 por ciento, y desde mayo a septiembre, aunque se producen lluvias, son frecuentes los meses sin precipitación, siendo agosto el más desfavorable, pues en 7 años no se registró ninguna.

La región de los Valles comprendida en una región templada presenta una marcada diferencia, según la ubicación de las estaciones, Vallegrande (gráfico 12) tiene menor dispersión (porcentajes entre 0 y 470) que Sucre (entre 0 y 950) y Cochabamba (entre 0 y 833). En las dos últimas es también mayor el número de meses sin lluvias.

En el Altiplano, la ciudad de La Paz, dadas sus especiales características, presenta la menor variación (coeficiente entre 0 y 473 por ciento) y pueden ocurrir meses sin lluvias, en algunos años, desde mayo hasta agosto. (Véase el gráfico V.) En otros lugares como Pazña estos meses secos se presentan desde abril a septiembre y los porcentajes oscilan entre 0 y 800 por ciento.

/También en

También en el Altiplano, Uyuni representa uno de los lugares con mayor variación de la precipitación. Clima seco por excelencia, pueden esperarse meses sin lluvia desde abril a diciembre y los coeficientes tienen la mayor oscilación de las estaciones consideradas, pues los extremos son 0 y 1 950 por ciento.

c) Variación interanual

De gran importancia a los efectos del aprovechamiento de los recursos hidráulicos es el conocimiento de la variación interanual de la precipitación.

Como una medida de esta variación se han calculado las desviaciones standard en porcentajes de los totales anuales para las mismas estaciones consideradas en la sección III de este capítulo. Las desviaciones standard individuales han sido promediadas en cada grupo para apreciar las diferencias de cada zona. (Véase el cuadro 9.) Se nota que las desviaciones standard guardan el mismo orden que los porcentajes estacionales de precipitación. Así, los Llanos orientales tienen la desviación standard más baja con 14.7; luego siguen los Llanos del norte con 16.1; los Valles, con 20.5 y, finalmente, el Altiplano con 38.3.

Surge de estos valores el carácter extremadamente variable de la precipitación en el Altiplano, lo que obliga a un análisis muy cuidadoso en el caso de proyectos que suponen su aprovechamiento. Los regímenes de los Llanos, tanto del norte como los orientales, pueden considerarse como aceptables a efectos de la utilización, en cambio los del Valle ya presentan una mayor variabilidad interanual, aunque bastante menor que la del Altiplano.

/Cuadro 9

Cuadro 9

BOLIVIA: VALORES DE LA PRECIPITACION ANUAL Y DE LAS DESVIACIONES STANDARD CORRESPONDIENTES, EN ESTACIONES SELECCIONADAS

| Estación | Período | Precipitación anual (milímetros) | | | Desviación standard (porciento) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Media | Máxima | Mínima | |
| **Llanos del Norte** | | | | | |
| Cobija | 1945-59 | 1 852 | 2 376 | 1 431 | 15.8 |
| Guayaramerín | 1945-59 | 1 636 | 2 065 | 950 | 15.4 |
| Magdalena | 1945-59 | 1 561 | 2 672 | 1 064 | 24.1 |
| Riberalta | 1945-59 | 1 765 | 2 093 | 1 164 | 13.4 |
| S. Borja | 1945-59 | 1 801 | 2 513 | 1 341 | 17.0 |
| S. Joaquín | 1945-59 | 1 735 | 2 183 | 1 453 | 10.7 |
| Promedio desviación standard | | | | | 16.1 |
| **Llanos Orientales** | | | | | |
| Concepción | 1945-57 | 1 228 | 1 522 | 925 | 14.0 |
| Puerto Suárez | 1945-57 | 1 076 | 1 313 | 777 | 18.2 |
| Roboré | 1945-57 | 1 276 | 1 537 | 1 041 | 11.8 |
| San José | 1945-57 | 1 048 | 1 419 | 760 | 14.8 |
| Santa Cruz | 1945-57 | 1 362 | 1 800 | 1 060 | 15.4 |
| Promedio desviación standard | | | | | 14.7 |
| **Valles** | | | | | |
| Cochabamba | 1945-59 | 493 | 683 | 362 | 15.5 |
| Changolla | 1945-59 | 645 | 851 | 508 | 15.1 |
| Sucre | 1945-59 | 694 | 915 | 505 | 17.1 |
| Tarija | 1945-59 | 629 | 954 | 423 | 22.9 |
| Tomina | 1945-59 | 472 | 651 | 335 | 18.7 |
| Vallegrande | 1945-59 | 821 | 1 336 | 463 | 33.6 |
| Promedio desviación standard | | | | | 20.5 |
| **Altiplano** | | | | | |
| Ayo Ayo | 1945-59 | 363 | 530 | 217 | 22.2 |
| Eucaliptus | 1945-59 | 335 | 485 | 169 | 27.8 |
| Patacamaya | 1945-59 | 385 | 734 | 131 | 43.9 |
| Pazña | 1945-59 | 432 | 619 | 285 | 22.2 |
| Río Mulatos | 1945-59 | 181 | 513 | 15 | 68.5 |
| Uyuni | 1945-59 | 169 | 399 | 52 | 45.1 |
| Promedio desviación standard | | | | | 38.3 |

/II. LA HIDROLOGIA

## II. LA HIDROLOGIA EN BOLIVIA

### 1. Descripción resumida

Esta descripción no pretende abordar la totalidad del sistema hidrográfico boliviano, de por sí complejo, sino resumir su presentación a ríos importantes ya sea por su caudal, su navegabilidad o su aprovechamiento.

Los datos que se presentan, obtenidos de fuentes diversas, son en algunos casos provisionales y más que dar un valor exacto sirven para reflejar la magnitud de cuencas y ríos. (Véase el mapa IV.) Algunos de estos valores extraídos de mapas pertenecen a zonas poco pobladas y en general poco reconocidas.

El sistema hidrográfico boliviano permite una primera gran división en tres grandes vertientes. Estas tres vertientes principales, con sus superficies aproximadas y porcentajes con respecto a la total del país, son:
a) Amazonas, con una superficie de 726 500 $km^2$, o sea el 67.7 por ciento;
b) Plata, con una superficie de 199 800 $km^2$, o sea el 18.6 por ciento, y
c) Interna o cerrada, con una superficie de 146 400 $km^2$ o sea el 13.7 por ciento.[3/]

Las superficies de las cuencas de los ríos más importantes, así como sus afluentes están dados en el cuadro 10. El magna divortium aquarum que origina las tres vertientes se produce en el ramal de Livichuco de la cordillera de los Frailes. Allí se trifurcan las aguas hacia los ríos Grande, Pilcomayo y Tacagua, pertenecientes a las cuencas del Amazonas, del Plata e Interna respectivamente.

La vertiente del Amazonas es la más extensa y también es la que tiene los mayores ríos del país: el Beni y el Mamoré. Todos los ríos de esta vertiente desaguan finalmente en los ríos Madeira y Acre, que a su vez son afluentes del Amazonas. Solamente una pequeña zona en el norte que tiene sus costas sobre el río Acre envía sus aguas a este río.

Las nacientes del Beni como del Mamoré se encuentran en los contrafuertes de la Cordillera Real y hasta algunos afluentes se originan en el mismo Altiplano, deslizándose luego hacia el este o norte del país hasta alcanzar

---

3/ Estos valores son aproximados y fueron calculados planimétricamente a base del mapa de Bolivia de la World Aeronautical Chart, publicado por la Fuerza Aérea de los Estados Unidos.

/Cuadro 10

Cuadro 10

BOLIVIA: SUPERFICIE APROXIMADA DE LAS CUENCAS
DE LOS RIOS MAS IMPORTANTES Y SUS AFLUENTES

| Vertiente - Cuenca | Superficie | Porciento del total | Afluentes | Subafluentes |
|---|---|---|---|---|
| Amazonas | 744 000 | 67.7 | | |
| Beni (incluye al Madeira hasta su unión con el Abuná) | 175 000 | 15.9 | Orthon | Tahuamanu<br>Manuripi |
| | | | Madre de Dios | |
| | | | Madidi | |
| | | | Coroico | |
| | | | Bopi | |
| | | | Cotacajes | |
| Acre y Abuná | 27 000 | 2.5 | Chipamanu | |
| | | | Rapirrán | |
| | | | Karamanu | |
| | | | Manu | |
| | | | Negro | |
| | | | | Mizque |
| Mamoré (se considera hasta su unión con el Beni) | 264 000 | 24.0 | Grande | |
| | | | | Yapacani |
| | | | Chapare | |
| | | | Ichilo | |
| | | | Secure | |
| | | | Yacuma | |
| Guaporé o Itenez | 278 000 | 25.3 | Itonarias | |
| | | | Baures | Blanco |
| | | | | San Martín |
| | | | | Negro |
| | | | Paraguay | |
| Plata | 204 000 | 18.6 | | |
| Paraguay | 94 000 | 8.6 | Santo Corazón | |
| | | | de la Cal | |
| | | | Otuquis | |
| | | | Negro | |
| Pilcomayo | 98 000 | 8.9 | Pilayo | |
| Bermejo | 12 000 | 1.1 | Grande de Tarija | |
| Interna | 150 000 | 13.7 | | |
| Lagos Titicaca, Poopó y Copaisa | 89 000 | 8.1 | Desaguadero | |
| | | | Lacajahuira | |
| | | | Mauri | Viscachani |
| | | | Lauca | |
| Salar de Uyuni y otros | 61 000 | 5.6 | Grande de Lípez | |

/los llanos

los llanos del Oriente. En la formación de sus caudales no sólo interviene la lluvia sino también los campos nevados y los glaciares que tienen señalada importancia.

Aunque sus regímenes hidrológicos no han sido estudiados puede estimarse que el año hidrológico presenta un marcado máximo en sus caudales en los meses de verano a consecuencia de que al deshielo estival se suma la mayor precipitación de esa época.

El río Abuná y el río Acre, que desembocan en el Purús, afluente del Amazonas, forman el límite norte con el Brasil y sus cuencas en territorio boliviano ocupan una pequeña área con relación a los grandes ríos de la cuenca amazónica.

Hacia el río Itenez o Guaporé que forma el límite noreste con el Brasil convergen un amplio sistema de ríos de los Llanos Orientales y del Sudeste.

La vertiente del Plata, segunda en extensión, concentra sus aguas en tres ríos principales que son el Paraguay, el Pilcomayo y el Bermejo. Aunque los dos últimos ríos son a su vez afluentes del Paraguay, al que se unen en territorio argentino, son considerados aquí como cuencas independientes.

El río Paraguay recibe los aportes de grandes bañados y lagunas ubicados en la zona sudeste del país y en los cuales pierden sus aguas ríos como el Santo Corazón, de la Cal, Otuquis y Negro. El litoral de Bolivia se extiende 41 kilómetros sobre el rio Paraguay, pero además puede conectarse con este río a través de las lagunas de Uberaba, Gaiba, Mandioré y Cáceres.

El río Pilcomayo tiene sus nacientes en el magna divortium aquarum sumándose a él ríos menores que también se originan en la Cordillera Oriental. La superficie de su cuenca tiene cerca de 100 000 $km^2$ por lo que es la más extensa del sistema del Plata en Bolivia.

El río Bermejo, con una cuenca mucho menor que los dos anteriores, tiene como principal afluente el río Grande de Tarija. Ambos sirven de límite con la Argentina.

La cuenca interna tiene la particularidad de encontrarse toda ubicada en el Altiplano, es decir, a una altura que supera los 3 700 metros sobre el nivel del mar. Siendo sus elementos más destacados los lagos Titicaca, Poopó y Coipasa y el río Desaguadero.

/Con excepción

Con excepción del río Desaguadero, que comunica el lago Titicaca con el Poopó, que es de alguna importancia, los demás son de pequeño caudal. Sin lugar a dudas desde el punto de vista de su aprovechamiento el elemento que más grandes potencialidades posee es el lago Titicaca. Su cuenca alimentadora, que se encuentra parcialmente en el Perú, es de 57 500 $km^2$ (incluyendo el lago) y su superficie, que también está sobre el límite internacional es de 8 300 $km^2$. La superficie de sus aguas está a 3 812 metros sobre el nivel del mar.

El lago Poopó tiene una cuenca de 15 500 $km^2$, incluyendo el lago, pero si se considera la cuenca del río Desaguadero que vierte sus aguas en él, se eleva entonces a 51 000 $km^2$. La superficie propia del lago se estima en 2 650 $km^2$. El lago Coipasa vierte sus aguas al Poopó por intermedio del río Lakayahuira.

La parte sur de la cuenca interna es la región más seca del país y presenta dos grandes salares, el de Coipasa y el de Uyuni.

Es digno de mencionar la importancia que como vías de comunicación tiene actualmente el sistema hidrográfico. Especialmente en el departamento de Pando la navegación se realiza con embarcaciones menores y canoas en varios ríos como el Acre, Abuná, Orthon, Manuripi, Tahuamanu y Madre de Dios. La navegación adquiere mayor importancia en los ríos Beni, Mamoré e Itenez o Guaporé cuyos mayores caudales permiten el desplazamiento de embarcaciones de mayor porte. El río Paraguay es el medio de comunicación fluvial con el sistema del Plata.

2. Estado actual y cobertura de las observaciones hidrológicas

Pocos son los lugares en Bolivia en que se realizan observaciones hidrológicas. Las primeras de tipo sistemático fueron iniciadas en 1930 por la Bolivian Power Company, que ha continuado su labor hasta el presente teniendo instaladas en la actualidad 49 estaciones en dos reducidas zonas en el departamento de La Paz, sobre pequeños ríos o arroyos. (Véase el cuadro 11.)

El servicio hidrométrico nacional más antiguo pertenece a la Dirección General de Riegos, y fue creado en 1939. Esta repartición llegó a tener 23 estaciones de aforo en funcionamiento, pero posteriormente, por falta de recursos, fue clausurando estaciones aunque instaló otras nuevas. Las 28 estaciones de su dependencia que funcionaron o funcionan desde su creación figuran en el cuadro 12.

/Cuadro 11

Cuadro 11

BOLIVIA: ESTACIONES HIDROLOGICAS DE LA BOLIVIAN POWER COMPANY

| Departamento | Provincia | Río | Nombre o situación | Años de observación |
|---|---|---|---|---|
| | | **Sistema de La Paz** | | |
| La Paz | Murillo | Zongo a/ | 3 | 20 |
| | | Viscacho | 3-C | 2 |
| | | Del Prado | 3-E | 3 |
| | | Del Prado | 3-F | 3 |
| | | Puma | 3-G | 2 |
| | | Canal Alpaca | 3-H | 7 |
| | | Lago Livinosa | 5-A | 7 |
| | | Llama | 7-A | 2 |
| | | Alpaca | 7-B | 4 |
| | | Vicuña | 7-C | 2 |
| | | Zongo en Botijlaca | 7-D | 8 |
| | | Hankohuma | 7-E | 4 |
| | | Chumuni | 7-G | 7 |
| | | Viscachani | 9-A | 2 |
| | | Zongo en Canaviri | 9-C | 9 |
| | | Cuticucho | 9-D | 9 |
| | | Mucuña | 9-E | 4 |
| | | Coscapa | 11-A | 10 |
| | | Lago Milluni | 11 | 26 |
| | | Coscapa | 4 | 3 |
| | | Coscapa | 5 | 2 |
| | | Turini | 6 | 2 |
| | | Coscapa | 7 | 2 |
| | | Tributario 1 Coscapa | 8 | 3 |
| | | Tributario 2 Coscapa | 9 | 3 |
| | | Patakota | 24 1/2" | 3 |
| | | Pacollo | Pacollo | 6 |
| | | Sainani | Sainani | 3 |
| | | Taurikani | Taurikani | 3 |
| | | Camsiqui | Camsiqui | 4 |
| | | Lago Summit | | 20 |
| | | **Sistema de Oruro** | | |
| La Paz | Inquisivi | Choquetanga | 1 | 7 |
| | | Pacollo 1 | 2 | 7 |
| | | Pacollo 2 | 3 | 7 |
| | | Carabuco | 4 | 7 |
| | | Carabuco Chico | 5 | 8 |
| | | Carabuco (Arriba) | 6 | 10 |
| | | Lago Carabuco | 7 | 9 1/2 |
| | | Tunel Chiaracota | 8 | 8 |
| | | Chiaracota | 2-24" | 8 |
| | | Chiaracota | 1- 8" | 8 |
| | | Chatamarca | 10-A | 7 |
| | | Lago Cororuni | 10-B | 7 |
| | | Lago Azeruni | 10-C | 19 |
| | | Choquetanga (Miguilla) | 6-A | 30 |
| | | Choquetanga (presa) | 16-A | 30 |
| | | Lago Cotacucho | | 13 |
| | | Lago Recompensa | | 9 |

/Cuadro 12

Cuadro 12

BOLIVIA: ESTACIONES HIDROLOGICAS DE LA DIRECCION GENERAL DE RIEGO

| Departamento | Provincia | Río | Nombre o situación | Años de observación |
|---|---|---|---|---|
| La Paz | Ingavi | Pallina | Puente carretero Laja | 6 |
| | Los Andes | Colorado | Sitio Presa | 5 |
| | Los Andes | Hichucota | Boquilla presa | 17 |
| | Los Andes | Contador | Aguas abajo presa | 17 |
| | Camacho | Suches | Puente carretero Escoma | 7 |
| | Aroma | Viscachani | Puente F.C. sitio presa | 20 |
| | Manco Kapac | Lago Titicaca | Estrecho Tiquina | 14 |
| | Los Andes | Peñas | Terrenos riego - Peñas | 10 |
| Oruro | Poopó | Desaguadero | Chuquiña | 20 |
| | Abaroa | Tacagua | Sitio presa | 12 |
| | Cercado | Caracollo | Caracollo - Puente carretero | 17 |
| Cochabamba | Tarata | Sulti | La Angostura | 12 |
| | Cercado | Rocha | Puente Bolivar - Cochabamba | 13 |
| | Capinota | Arque | Irpa-Irpa | 2 |
| | Punata | Chaco | Boquilla - 3a. alternativa | 3 |
| | Punata | Cuchu-Punata | Presa derivadora | 3 |
| Santa Cruz | Florida | Mairana | Sitio presa | 16 |
| | Valle Grande | Pampa Grande | Puente carretero | 3 |
| | Florida | Piray | Puente carretero-La Angostura | 16 |
| | Cercado | Espejos | Terrenos riego | 16 |
| | Cordillera | Grande | Puerto Abapó | 9 |
| | Cordillera | Parapety | Choreti-Camiri | 14 |
| Tarija | Gran Chaco | Pilcomayo | Puente Ustariz-Villamontes | 15 |
| | O'Connor | Pajonal | Puente carretero | 8 |
| | O'Connor | Santa Ana | Sifón Entre Ríos | 8 |
| | Cercado | Guadalquivir | Tarija | 9 |
| Potosí | Nor Lípez | Colcha K | Terrenos riego Colcha K | 3 |
| | Quijarro | Chaquilla | Boquilla Presa | 3 |

/Otro organismo

Otro organismo que efectúa, desde hace pocos años, observaciones hidrológicas es la Corporación Boliviana de Fomento, que ha instalado 8 estaciones. (Véase el cuadro 13.)

Es evidente que el estado de las observaciones, considerado desde el punto de vista de un plano nacional, es totalmente deficiente. Si se calcula la densidad de estaciones en el país, las 85 citadas darían una densidad total de 0.08 estaciones por 1 000 $km^2$, valor excesivamente reducido. Considerando que la totalidad de las estaciones están ubicadas en un sector ocupado principalmente por el Altiplano y las cordilleras, que representa aproximadamente el 35 por ciento de la superficie del país, la densidad para esa región se eleva a 0.2 estaciones por 1 000 $km^2$, valor aún por debajo para densidades medias en este tipo de comparación.

Al considerar la situación es igualmente importante tener en cuenta la longitud de los registros, es decir, los años observados de cada estación. La Bolivian Power Company tiene algunos con 30 años de observaciones, pero la gran mayoría es de 9 años y aún más cortos. Esta situación da para todas sus estaciones un promedio de 8.7 años.

Las de la Dirección de Riegos tienen registros máximos con 20 años observados y su promedio es de 10.5 años. Registros más cortos son los de las estaciones de la Corporación Boliviana de Fomento, siendo su promedio de 2.5 años.

De esta manera se obtiene como longitud de registro para las 24 estaciones del país 8.7 años de observación, promedio que indica que aún en las estaciones ya existentes se requerirán todavía algunos años más de observaciones para poder realizar proyectos con un buen grado de confianza en lo que a observaciones hidrológicas se refiere.

Obtenidos estos valores - el de la densidad cada 1 000 $km^2$ y el de la longitud de los registros -, el producto de ambos, o índice de cobertura, se considera representativo del estado actual de las observaciones hidrológicas. Este producto es de 0.7, valor bajo que para ser apreciado mejor interesa compararlo con los similares de otros países sudamericanos. (Véase el cuadro 14.)

No se realizan observaciones del agua subterránea y los pocos datos de que se dispone sobre profundidad de las napas son sobre la base de pozos de aprovechamiento. En general, no se conoce la profundidad y menos aún las potencialidades.

/Cuadro 13

Cuadro 13

BOLIVIA: ESTACIONES HIDROLOGICAS DE LA CORPORACION BOLIVIANA DE FOMENTO

| Departamento | Provincia | Río | Nombre o situación | Años de observación |
|---|---|---|---|---|
| Cochabamba | Chapare | Corani | Corani | 10 |
| | Chapare | Thola Mayu | Thola Mayu | 3 |
| | Chapare | Tablas | Tablas | 1 |
| | Chapare | Paracti | Paracti | 4 meses |
| | - | - | La Madre | 2 |
| | Chapare | Ronco | Ronco | 4 meses |
| Santa Cruz | - | Piray | Piray | 2 |
| Potosí | C. Saavedra | Pilcomayo | El Saire | 2 meses |

/Cuadro 14

Cuadro 14

BOLIVIA: ESTACIONES HIDROLOGICAS, DENSIDAD, AÑOS DE OBSERVACION E INDICE DE COBERTURA EN ALGUNOS PAISES SUDAMERICANOS

| País | Habitantes por $km^2$ | Número de estaciones | Densidad por 1 000 $km^2$ | Promedios de años de observación | Indice de cobertura |
|---|---|---|---|---|---|
| Bolivia | 3 | 85 | 0.08 | 8.7 | 0.7 |
| Argentina | 8 | 537 | 0.2 | 26 | 5.2 |
| Colombia | 13 | 227 | 0.2 | 7 | 1.4 |
| Chile | 10 | 260 | 0.3 | 13 | 3.9 |
| Ecuador | 16 | 18 | 0.1 | 4 | 0.4 |
| Venezuela | 8 | 248 | 0.3 | 8 | 2.4 |

/El Servicio

El Servicio de Aguas Subterráneas de la Corporación Boliviana de Fomento está dedicado a la perforación de pozos para la provisión de agua y su trabajo ha permitido conocer las disponibilidades de agua en algunos lugares.

### 3. Los regímenes hidrológicos de los ríos bolivianos

Poco es lo que se conoce sobre los regímenes de los ríos bolivianos. Ya se ha dicho que el estado de las observaciones es deficiente, y las mediciones se han limitado a algunas pequeñas cuencas en las que el posible aprovechamiento ha obligado a efectuarlas.

Por lo tanto, a base de los pocos registros existentes, y recordando que pertenecen únicamente a una zona del país, se estima que sólo podrá hacerse una apreciación limitada de los regímenes hidrológicos. También se estima que, debido a los pocos años considerados, podrá haber en algunos casos en el futuro pequeñas modificaciones cuando se analicen registros más largos.

Las características hidrológicas de los ríos controlados por la Dirección General de Riegos y la Corporación Boliviana de Fomento, figuran en el cuadro 15. Se observa que todos los ríos analizados presentan un caudal máximo en el verano y una época de caudales mínimos en el invierno. Los máximos se producen en el mes de febrero, con excepción del río Mairana (enero). Los mínimos se encuentran distribuidos en un período más amplio que va desde mayo hasta noviembre, pero principalmente se registran en agosto y septiembre.

Se aprecia a simple vista la marcada irregularidad de estos ríos y lo confirma el cálculo de su coeficiente, según el criterio adoptado por el Comité de Energía Eléctrica de la Comisión Económica para Europa.

A efectos de simplificar la obtención de esos coeficientes se han determinado sobre la base de los caudales medios mensuales. Estos coeficientes están comprendidos entre 0.28 para el río Hichucota y 0.62 para el Pallina, y llaman la atención los altos valores. Por ejemplo, el Desaguadero en el Altiplano, con un caudal medio de 31.45 metros$^3$ por segundo, tiene 0.52. Si se comparan esos coeficientes con los ríos de otros países se puede apreciar aún más la gran irregularidad. Por ejemplo, 13 ríos de Venezuela dan como promedio 0.282.[4/] En Colombia los ríos de la cuenca del Magdalena tienen

4/ Véase Los recursos hidráulicos de América Latina. II. Venezuela (E/CN.12/593/Rev.1). Publicación de las Naciones Unidas, N° de venta: 63.II.G.6.

/Cuadro 15

Cuadro 15

BOLIVIA: CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS DE ALGUNOS RIOS

| uenca río | Período considerado | Caudales medios mensuales m³/seg. | | | | | | | | | | | | Caudales m³/seg. | | | Coeficiente de irregularidad | Entidad que la opera | Ubicación aproximada |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Máx. | Medio | Mín. | | | |
| . Cuenca del Bermejo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pajonal | 48/49 | 2.80 | 4.80 | 3.08 | 1.32 | 0.92 | 0.53 | 0.48 | 0.37 | 0.32 | 0.55 | 0.58 | 0.69 | 19.22 | 1.37 | 0.12 | 0.40 | D. de R. | Pte. Carretero |
| Santa Ana | 48/49 | 3.44 | 6.89 | 1.24 | 2.10 | 1.24 | 0.78 | 0.63 | 0.49 | 0.47 | 0.67 | 0.79 | 0.98 | 36.92 | 1.64 | 0.23 | 0.36 | D. de R. | Sifón entre Ríos |
| . Cuenca del Guaporé | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Parapetí | 43/49 | 59.60 | 79.50 | 70.60 | 37.10 | 16.20 | 9.80 | 7.20 | 5.10 | 6.30 | 10.50 | 17.40 | 30.50 | 882.60 | 29.15 | 1.80 | 0.38 | D. de R. | Choreti-Camiri |
| 3. Cuenca del Mamoré | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Corani | 53/60 | 11.30 | 12.60 | 8.30 | 2.90 | 1.20 | 0.60 | 0.80 | 0.60 | 1.40 | 2.20 | 2.70 | 4.80 | ... | 4.12 | ... | 0.42 | C.B.F. | Sitio Presa |
| Grande | 45/59 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | 158.10 | ... | 0.40 | D. de R. | Pte. Abapó |
| Mairana | 46/49 | 12.19 | 2.65 | 1.67 | 1.34 | 0.79 | 0.59 | 0.34 | 0.20 | 0.25 | 0.40 | 0.28 | 0.77 | 77.00 | 1.79 | 0.00 | 0.53 | D. de R. | Sitio Presa |
| Piray | 46/49 | 10.64 | 17.02 | 13.25 | 8.16 | 3.32 | 3.21 | 2.37 | 1.79 | 3.67 | 4.39 | 3.16 | 5.75 | 352.00 | 6.39 | 0.70 | 0.31 | D. de R. | Pte. Carretero |
| Rocha | 41/47 | 3.64 | 5.15 | 2.23 | 0.18 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.49 | 0.13 | 0.24 | 2.01 | 328.00 | 1.17 | 0.00 | 0.59 | D. de R. | Cochabamba |
| Sulti | 40/45 | 10.20 | 12.63 | 4.66 | 1.55 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.03 | 0.86 | 5.19 | 90.00 | 2.93 | 0.00 | 0.60 | D. de R. | La Angostura |
| 4. Cuenca del Pilcomayo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pilcomayo | 42/49; 52/56 | 428.50 | 695.00 | 451.90 | 206.90 | 144.30 | 56.40 | 43.40 | 33.70 | 34.10 | 31.20 | 78.30 | 155.00 | 2420.50 | 196.56 | 6.30 | 0.42 | D. de R. | Pte. Ustariz |
| 5. Cuenca del Titicaca | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Contador | 45/55 | 3.03 | 3.85 | 2.80 | 1.38 | 0.74 | 0.51 | 0.42 | 0.38 | 0.42 | 0.62 | 1.14 | 1.98 | 11.64 | 1.44 | 0.18 | 0.34 | D. de R. | Aguas Abajo Presa |
| Desaguadero | 41/50 | 83.20 | 145.80 | 63.00 | 20.30 | 6.90 | 6.10 | 5.50 | 4.80 | 4.30 | 4.50 | 3.00 | 30.00 | 753.20 | 31.45 | 0.80 | 0.52 | D. de R. | Chuquiña |
| Hichucota | 45/55 | 1.89 | 2.40 | 1.88 | 1.15 | 0.72 | 0.50 | 0.38 | 0.33 | 0.38 | 0.54 | 0.91 | 1.48 | 6.65 | 1.05 | 0.22 | 0.28 | D. de R. | Boquilla Presa |
| Pallina | 47/51 | 3.37 | 14.01 | 2.64 | 1.10 | 0.14 | 0.08 | 0.08 | 0.06 | 0.05 | 0.07 | 0.10 | 1.29 | 212.83 | 1.92 | 0.01 | 0.62 | D. de R. | Pte. Carretero |
| Tacagua | 42/49 | 7.82 | 12.40 | 3.60 | 2.80 | 0.60 | 0.57 | 0.51 | 0.26 | 0.22 | 0.28 | 0.29 | 2.07 | 247.50 | 3.62 | 0.02 | 0.51 | D. de R. | Sitio Presa |
| Vizcachini | 42/59 | 2.51 | 4.55 | 1.92 | 1.03 | 0.61 | 0.53 | 0.53 | 0.43 | 0.43 | 0.49 | 0.43 | 1.19 | 107.67 | 1.22 | 0.02 | 0.36 | D. de R. | Pte. F.C. Sitio Presa |

en promedio 0.143, los de la cuenca del Cauca 0.115 y los de la del Pacífico 0.126.[5/]

Como información complementaria se presentan en el cuadro 16 algunas características hidrológicas de los principales ríos de los sistemas de La Paz y Oruro de la Bolivian Power Company. En estos sistemas se han efectuado variadas obras de regularización y por tal motivo los coeficientes de irregularidad pierden el significado con que se usaron en el cuadro 15. Sin embargo, sirven en este caso para apreciar la regularización realizada como la acusan con más intensidad las estaciones: Choquetanga (16-A) en el sistema de Oruro y Chununi, Hankohuma y Zongo en Botijlaca, en el sistema de La Paz. Las otras estaciones mantienen aún altos valores.

La causa principal de la irregularidad señalada la constituye el marcado régimen estacional de la precipitación. El porcentaje de precipitación entre los meses de diciembre a marzo es del 73 por ciento en los Valles y del 80 en el Altiplano, que son las zonas en las que están ubicadas las estaciones aforadas consideradas.

Poco se conoce del régimen de nieves, pero la disminución estacional de los campos nevados es evidente, lo que de todas maneras contribuiría a la irregularidad. Se debe agregar que al derretimiento de la nieve no sólo contribuye la elevación de temperatura, sino también las mayores lluvias del verano.

El régimen hidrológico comentado con tan altos valores de los coeficientes de irregularidad tiene una marcada importancia económica por cuanto supone una mayor inversión en los casos que se proyecten obras de regulación de caudales para los aprovechamientos, con relación a ríos similares pero con menor coeficiente.

Esta característica puede servir de guía en los proyectos de utilización de aguas superficiales, al pensar en soluciones alternas como sería la del aprovechamiento de las aguas subterráneas.

---

5/ Véase A.R. Martínez, Estudios sobre la meteorología e hidrología de Colombia.

/Cuadro 16

Cuadro 16

BOLIVIA: CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS DE ALGUNOS RIOS

(Datos de la Bolivian Power)

| Río | Nombre de la estación de aforo | Período considerado | Caudales medios mensuales $m^3$/seg. | | | | | | | | | | | | Gasto medio anual $m^3$/seg. | Coeficiente de irregularidad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | | |
| **Sistema Oruro** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Azoruni | 10-C | 31/59 | 3.38 | 3.06 | 2.13 | 1.20 | 0.45 | 0.42 | 0.40 | 0.47 | 0.78 | 1.34 | 2.00 | 2.80 | 1.54 | 0.31 |
| Carabuco | 4 | 51/58 | 4.40 | 4.50 | 3.10 | 1.40 | 0.80 | 0.50 | 0.40 | 0.40 | 0.90 | 1.20 | 1.90 | 2.80 | 1.90 | 0.32 |
| Carabuco en Arriba | 6 | 51/60 | 3.02 | 3.56 | 2.00 | 1.01 | 0.40 | 0.26 | 0.30 | 0.24 | 0.57 | 0.75 | 1.22 | 1.80 | 1.26 | 0.35 |
| Choquetanga | 1 | 52/57 | 2.89 | 3.15 | 1.74 | 0.62 | 0.48 | 0.39 | 0.42 | 0.31 | 0.62 | 0.67 | 1.14 | 1.70 | 1.18 | 0.34 |
| Choquetanga | 16-A | 30/60 | 5.10 | 3.50 | 3.90 | 2.10 | 1.30 | 0.90 | 0.80 | 0.80 | 1.30 | 1.50 | 2.10 | 3.30 | 2.20 | 0.26 |
| **Sistema La Paz** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cuticucho | 9-D | 30/31; 40/48 | 5.15 | 4.30 | 3.56 | 2.43 | 0.90 | 0.38 | 0.36 | 0.32 | 0.50 | 1.03 | 1.44 | 3.85 | 2.02 | 0.38 |
| Chununi | 7-G | 30/32 | 1.31 | 1.09 | 1.09 | 1.04 | 1.64 | 1.37 | 1.69 | 0.94 | 0.85 | 1.15 | 1.12 | 1.24 | 1.21 | 0.07 |
| Hankchuma | 7-G | 30/31; 38/39 | 1.52 | 1.46 | 1.48 | 1.42 | 1.20 | 0.93 | 0.94 | 1.00 | 1.14 | 1.13 | 1.15 | 1.23 | 1.22 | 0.07 |
| Milluni (lago) | | 24/59 | 4.50 | 5.35 | 2.70 | 1.19 | 0.64 | 0.43 | 0.43 | 0.33 | 0.35 | 0.62 | 1.20 | 2.09 | 1.65 | 0.41 |
| Zongo en Botijlaca | 7-D | 30/32; 38/42 | 3.64 | 3.10 | 3.12 | 2.07 | 1.54 | 1.10 | 0.95 | 1.03 | 1.03 | 1.64 | 2.33 | 2.43 | 2.00 | 0.20 |
| Zongo en Camaviri | 9-C | 30/32; 39/48 | 15.90 | 12.50 | 13.60 | 3.50 | 2.50 | 2.30 | 2.00 | 1.80 | 1.90 | 2.70 | 3.40 | 7.20 | 5.80 | 0.38 |

## III. LA AGROMETEOROLOGIA Y SU RELACION CON LOS RECURSOS HIDRAULICOS

### 1. Necesidades de agua de los cultivos

La importancia que tiene el total anual de la precipitación para fines agrícolas es reconocida universalmente, pero hay otras características que limitan su verdadera posibilidad de aprovechamiento. Entre ellas, el agricultor conoce cabalmente que una cantidad - determinada dentro de ciertos límites - es requerida para cada tipo de cultivo desde el momento en que se inicia la preparación de la tierra hasta la recolección. Es decir, que su aprovechamiento está limitado por una buena distribución y cantidad dentro del año agrícola.

Como se vio en el análisis de los períodos lluviosos, éstos tienen su época de ocurrencia en el verano, pero su extensión y cantidad es variable según las regiones del país. Esas circunstancias plantean problemas diferentes a la agricultura en cada zona, e indudablemente se hacen más críticos en las regiones con menores precipitaciones anuales como son el Altiplano y algunos valles.

Las necesidades de agua de un cultivo, determinadas por numerosos factores, pueden estimarse en forma simple si se limitan a algunos de los más importantes. En esa forma se puede tener una primera estimación del agua que requiera cada cultivo para su crecimiento.

Con este fin, se han aplicado dos métodos relativamente simples para el cálculo de las necesidades de agua de los cultivos. Uno, del Dr. Henry Olivier,[6/] determina con carácter general las necesidades que tendrían cultivos con poca exigencia de agua. La fórmula a aplicar considera la diferencia entre las temperaturas del aire obtenidas por los termómetros de bulbo seco y bulbo húmedo y un coeficiente que depende de la latitud geográfica y de la declinación del sol. El agua de consumo mensual se calcula multiplicando el coeficiente correspondiente a la latitud y al mes por la depresión mensual promedio del bulbo húmedo y por los días del mes.

Este cálculo se efectuó para 8 lugares de interés agrícola en que fue posible obtener los datos necesarios de temperatura. Posteriormente los

---

6/ Véase Estudio hidráulico preliminar del Ecuador, Documento informativo N°2 del octavo período de sesiones de la CEPAL (Panamá, mayo de 1959).

/resultados se

resultados se compararon con los de la precipitación mensual promedio con el fin de saber en qué meses y en qué cantidad será necesario el riego para ese tipo de cultivo de bajo consumo.

En el cuadro 17 se resume el cálculo mencionado presentando la precipitación teórica necesaria o agua de consumo, la precipitación real y la diferencia entre ambas para Cochabamba, La Paz (El Alto), Oruro, Potosí, Riberalta, Rurrenabaque, Santa Cruz, y Valle Grande. Se puede notar que las determinaciones fueron hechas indiscriminadamente para todos los meses.

Posteriormente para determinar necesidades totales de agua y que los cultivos reciban las cantidades de agua calculadas para su desarrollo, se ha tenido en cuenta la eficiencia del sistema de riego suponiendo con carácter general que ésta es de 0.60; en esa suposición se calcularon los valores reales de riego expresados en milímetros por mes o en litros por segundo y por hectárea.

El segundo método empleado para la determinación del agua de consumo para diferentes cultivos ha sido el de H.F. Blaney y W.D. Criddle.[7/] Según este procedimiento el agua de consumo mensual de un cultivo expresado en pulgadas está dado por la ecuación:

$$u = Kf$$

en que K es un coeficiente determinado experimentalmente para cada cultivo y f es el producto de la temperatura media mensual en grados Farenheit y el porciento mensual de horas anuales diurnas dividido por 100 = ($f = \frac{t \times p}{100}$). Los valores de u se han multiplicado por 25.4 para convertirlos en milímetros. El cálculo del agua de consumo de las plantas se efectuó para los cultivos más comunes en 12 localidades del país.

En el cuadro 18 se puede apreciar los resultados obtenidos en Camiri, Cochabamba, El Alto, Oruro, Pazña, Potosí, Riberalta, Rurrenabaque, Santa Cruz, Sica-Sica, Valle Grande y Villamontes. Los períodos tomados en cuenta van desde la época de siembra a la de cosecha, según las zonas y en cada localidad fueron elegidos los cultivos tradicionales más comunes de esa región.

---

7/ H.F. Blaney, y W.D. Criddle, Determining Water Requirements in Irrigated Areas from Climatological and Irrigation Data, Soil Conservation Service, USDA-SCS-TP-96.

/Cuadro 17

Cuadro 17

BOLIVIA: PRECIPITACION REAL, PRECIPITACION TEORICA O AGUA DE CONSUMO Y LA DIFERENCIA ENTRE AMBAS EN ESTACIONES SELECCIONADAS

(Según la fórmula de Olivier)

Estación: Cochabamba, latitud: 17° 23'; longitud: 66° 10'; altura: 2 558 m.

| Mes | t-t' | Factor | Precip. teor. T (mm) | % de cada mes | Precip. real R (mm) | % de cada mes | R-T (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| E | 5.6 | 0.75 | 130 | 7.6 | 131 | 26.6 | 1 |
| F | 5.4 | 0.73 | 110 | 6.4 | 104 | 21.1 | -6 |
| M | 5.9 | 0.72 | 132 | 7.7 | 57 | 11.6 | -75 |
| A | 6.5 | 0.63 | 123 | 7.2 | 14 | 2.8 | -109 |
| M | 6.6 | 0.52 | 106 | 6.2 | 3 | 0.6 | -103 |
| J | 7.5 | 0.45 | 101 | 5.9 | 3 | 0.6 | -98 |
| J | 7.7 | 0.50 | 119 | 7.0 | 3 | 0.6 | -116 |
| A | 8.6 | 0.58 | 155 | 9.1 | 7 | 1.4 | -148 |
| S | 8.7 | 0.69 | 180 | 10.5 | 8 | 1.6 | -172 |
| O | 8.6 | 0.75 | 200 | 11.7 | 23 | 4.7 | -177 |
| N | 8.4 | 0.75 | 189 | 11.0 | 49 | 9.9 | -140 |
| D | 7.2 | 0.75 | 167 | 9.7 | 91 | 18.5 | -76 |
| Año | | | 1 712 | 100.0 | 493 | 100.0 | -1 219 |

Estación: La Paz (El Alto); latitud: 16° 30'; longitud: 68° 10'; altura: 4 083 m.

| Mes | t-t' | Factor | Precip. teor. T (mm) | % de cada mes | Precip. real R (mm) | % de cada mes | R-T (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| E | 4.0 | 0.74 | 92 | 8.3 | 121 | 22.1 | 29 |
| F | 3.1 | 0.72 | 63 | 5.7 | 103 | 18.8 | 40 |
| M | 2.9 | 0.73 | 66 | 5.9 | 51 | 9.3 | -15 |
| A | 3.7 | 0.64 | 71 | 6.4 | 20 | 3.7 | -51 |
| M | 5.1 | 0.53 | 84 | 7.6 | 9 | 1.6 | -75 |
| J | 5.6 | 0.46 | 77 | 6.9 | 5 | 0.9 | -72 |
| J | 6.0 | 0.51 | 95 | 8.5 | 9 | 1.6 | -86 |
| A | 6.4 | 0.59 | 117 | 10.5 | 19 | 3.5 | -98 |
| S | 5.6 | 0.69 | 116 | 10.4 | 38 | 6.9 | -78 |
| O | 5.5 | 0.75 | 128 | 11.5 | 41 | 7.5 | -87 |
| N | 4.5 | 0.75 | 101 | 9.1 | 50 | 9.1 | -51 |
| D | 4.5 | 0.74 | 103 | 9.2 | 82 | 15.0 | -21 |
| Año | | | 1 113 | 100.0 | 548 | 100.0 | -565 |

Estación: Oruro, latitud: 17° 58'; longitud: 67° 10' altura: 3 706 m.

| Mes | t-t' | Factor | Precip. teor. T (mm) | % de cada mes | Precip. real R (mm) | % de cada mes | R-T (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| E | 7.8 | 0.75 | 181 | 10.8 | 81 | 23.0 | -100 |
| F | 5.7 | 0.73 | 117 | 7.0 | 80 | 22.7 | -37 |
| M | 5.4 | 0.72 | 121 | 7.3 | 44 | 12.5 | -77 |
| A | 8.2 | 0.63 | 155 | 9.3 | 10 | 2.8 | -145 |
| M | 6.5 | 0.52 | 105 | 6.3 | 5 | 1.4 | -100 |
| J | 6.9 | 0.45 | 93 | 5.6 | 3 | 0.9 | -90 |
| J | 7.0 | 0.49 | 106 | 6.4 | 3 | 0.9 | -103 |
| A | 6.3 | 0.58 | 113 | 6.8 | 7 | 2.0 | -106 |
| S | 7.8 | 0.68 | 159 | 9.5 | 20 | 5.7 | -139 |
| O | 7.4 | 0.75 | 172 | 10.3 | 20 | 5.7 | -152 |
| N | 7.8 | 0.76 | 178 | 10.7 | 24 | 6.8 | -154 |
| D | 7.2 | 0.75 | 167 | 10.0 | 55 | 15.6 | -112 |
| Año | | | 1 667 | 100.0 | 352 | 100.0 | -1 315 |

Estación: Potosí; latitud: 19° 35'; longitud: 65° 45'; altura: 3 904 m.

| Mes | t-t' | Factor | Precip. teor. T (mm) | % de cada mes | Precip. real R (mm) | % de cada mes | R-T (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| E | 2.4 | 0.76 | 57 | 5.4 | 126 | 27.2 | 69 |
| F | 2.1 | 0.73 | 43 | 4.1 | 114 | 24.6 | 71 |
| M | 2.8 | 0.72 | 62 | 5.9 | 67 | 14.4 | 5 |
| A | 4.0 | 0.62 | 74 | 7.1 | 9 | 1.9 | -65 |
| M | 5.9 | 0.50 | 91 | 8.7 | 2 | 0.4 | -89 |
| J | 6.4 | 0.43 | 80 | 7.6 | 2 | 0.4 | -78 |
| J | 6.2 | 0.47 | 90 | 8.6 | 1 | 0.2 | -89 |
| A | 5.3 | 0.56 | 92 | 8.8 | 3 | 0.7 | -89 |
| S | 5.6 | 0.67 | 113 | 10.8 | 13 | 2.8 | -100 |
| O | 5.6 | 0.75 | 130 | 12.4 | 17 | 3.7 | -113 |
| N | 4.4 | 0.77 | 102 | 9.8 | 37 | 8.0 | -65 |
| D | 4.8 | 0.76 | 113 | 10.8 | 72 | 15.5 | -41 |
| Año | | | 1 047 | 100.0 | 463 | 100.0 | -584 |

Cuadro 17 (conclusión)

Estación: Riberalta; latitud: 11° 00'; longitud: 66° 05'; altura: 172 m.

| Mes | t-t' | Factor | Precip. teór. T (mm) | % de cada mes | Precip. real R (mm) | % de cada mes | R-T (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| E | 2.8 | 0.71 | 62 | 8.0 | 305 | 17.3 | 243 |
| F | 2.7 | 0.72 | 54 | 6.9 | 248 | 14.0 | 194 |
| M | 2.6 | 0.74 | 60 | 7.7 | 263 | 14.9 | 203 |
| A | 2.6 | 0.66 | 51 | 6.5 | 129 | 7.3 | 78 |
| M | 2.4 | 0.57 | 42 | 5.4 | 76 | 4.3 | 34 |
| J | 2.8 | 0.52 | 44 | 5.6 | 23 | 1.3 | -21 |
| J | 4.2 | 0.55 | 72 | 9.2 | 21 | 1.2 | -51 |
| A | 5.5 | 0.63 | 107 | 13.7 | 24 | 1.4 | -83 |
| S | 4.5 | 0.71 | 96 | 12.3 | 72 | 4.1 | -24 |
| O | 3.7 | 0.74 | 85 | 10.9 | 154 | 8.7 | 69 |
| N | 2.9 | 0.73 | 64 | 8.2 | 187 | 10.6 | 123 |
| D | 2.0 | 0.71 | 44 | 5.6 | 263 | 14.9 | 219 |
| Año | | | 781 | 100.0 | 1 765 | 100.0 | +984 |

Estación: Rurrenabaque; latitud: 14° 28'; longitud: 67° 35'; altura: 227 m.

| Mes | t-t' | Factor | Precip. teór. T (mm) | % de cada mes | Precip. real R (mm) | % de cada mes | R-T (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| E | 2.5 | 0.74 | 57 | 7.9 | 276 | 15.0 | 219 |
| F | 1.6 | 0.72 | 32 | 4.4 | 231 | 12.6 | 199 |
| M | 4.2 | 0.73 | 95 | 13.1 | 229 | 12.5 | 134 |
| A | 2.3 | 0.64 | 44 | 6.1 | 116 | 6.3 | 72 |
| M | 4.1 | 0.54 | 69 | 9.6 | 106 | 5.8 | 37 |
| J | 2.3 | 0.47 | 32 | 4.4 | 130 | 7.1 | 98 |
| J | 0.7 | 0.52 | 11 | 1.5 | 91 | 5.0 | 80 |
| A | 3.7 | 0.60 | 69 | 9.6 | 60 | 3.3 | -9 |
| S | 4.3 | 0.70 | 90 | 12.4 | 85 | 4.6 | -5 |
| O | 3.9 | 0.75 | 91 | 12.6 | 134 | 7.3 | 43 |
| N | 3.5 | 0.74 | 78 | 10.8 | 191 | 10.4 | 113 |
| D | 2.4 | 0.74 | 55 | 7.6 | 185 | 10.1 | 130 |
| Año | | | 723 | 100.0 | 1 834 | 100.0 | +1 111 |

Estación: Santa Cruz; latitud: 17° 46'; longitud: 63° 11'; altura: 442 m.

| Mes | t-t' | Factor | Precip. teór. T (mm) | % de cada mes | Precip. real R (mm) | % de cada mes | R-T (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| E | 3.4 | 0.75 | 79 | 8.2 | 190 | 14.2 | 111 |
| F | 3.6 | 0.73 | 74 | 7.7 | 146 | 10.9 | 72 |
| M | 3.8 | 0.72 | 85 | 8.8 | 140 | 10.4 | 55 |
| A | 3.5 | 0.63 | 66 | 6.9 | 113 | 8.4 | 47 |
| M | 2.5 | 0.52 | 40 | 4.2 | 102 | 7.6 | 62 |
| J | 2.9 | 0.45 | 39 | 4.1 | 83 | 6.2 | 44 |
| J | 3.6 | 0.49 | 55 | 5.7 | 76 | 5.7 | 21 |
| A | 3.4 | 0.58 | 61 | 6.2 | 30 | 2.2 | -31 |
| S | 5.6 | 0.68 | 114 | 11.8 | 77 | 5.7 | -37 |
| O | 5.5 | 0.75 | 128 | 13.3 | 112 | 8.3 | -16 |
| N | 5.1 | 0.76 | 120 | 12.5 | 108 | 8.1 | -12 |
| D | 4.4 | 0.75 | 102 | 10.6 | 166 | 12.4 | 64 |
| Año | | | 963 | 100.0 | 1 343 | 100.0 | +380 |

Estación: Valle Grande; latitud: 18° 29'; longitud: 64° 08'; altura: 2 000 m.

| Mes | t-t' | Factor | Precip. teór. T (mm) | % de cada mes | Precip. real R (mm) | % de cada mes | R-T (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| E | 2.6 | 0.75 | 60 | 7.5 | 208 | 25.4 | 148 |
| F | 3.1 | 0.73 | 63 | 7.9 | 152 | 18.5 | 89 |
| M | 1.5 | 0.72 | 33 | 4.1 | 62 | 7.5 | 29 |
| A | 2.1 | 0.63 | 40 | 5.0 | 46 | 5.6 | 6 |
| M | 2.1 | 0.51 | 33 | 4.1 | 17 | 2.1 | -16 |
| J | 2.8 | 0.44 | 37 | 4.6 | 17 | 2.1 | -20 |
| J | 3.9 | 0.49 | 59 | 7.4 | 13 | 1.6 | -46 |
| A | 5.5 | 0.57 | 97 | 12.1 | 12 | 1.5 | -85 |
| S | 4.3 | 0.68 | 88 | 11.0 | 30 | 3.6 | -58 |
| O | 4.6 | 0.75 | 107 | 13.4 | 49 | 6.0 | -58 |
| N | 3.9 | 0.76 | 89 | 11.1 | 84 | 10.2 | -5 |
| D | 4.0 | 0.76 | 94 | 11.8 | 131 | 15.9 | 37 |
| Año | | | 800 | 100.0 | 821 | 100.0 | +21 |

/Cuadro 18

Cuadro 18

BOLIVIA: AGUA DE CONSUMO PARA DIFERENTES PLANTAS Y LOCALIDADES SEGUN FORMULA DE BLANEY-CRIDDLE

Estación: Camiri, latitud: 20° 06'; longitud: 63°33'; altura: 876 m.; precipitación anual: 859 mm.

| | K | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Temperatura en grados Fahrenheit | | 78.8 | 77.9 | 75.9 | 70.2 | 67.3 | 64.4 | 64.0 | 69.1 | 74.8 | 77.8 | 79.9 | 75.8 |
| $25.4\,f = 25.4\,\frac{t.p}{100}$ | | 186.2 | 160.3 | 165.9 | 141.0 | 135.1 | 121.2 | 125.2 | 140.5 | 153.9 | 174.0 | 180.6 | 181.1 |
| Agua de consumo: 25.4 k.f (mm.) | | | | | | | | | | | | | |
| Maíz | 0.80 | 149.0 | 128.2 | 132.7 | 112.8 | 108.1 | - | - | - | 123.1 | 139.2 | 144.5 | 144.9 |
| Algodón, papa | 0.70 | 130.3 | 112.2 | 116.1 | 98.7 | 94.6 | - | - | - | 107.7 | 121.8 | 126.4 | 126.8 |
| Citrus | 0.60 | 111.7 | 96.2 | 99.5 | 84.6 | 81.1 | 72.7 | 75.1 | 84.3 | 92.3 | 104.4 | 108.4 | 108.7 |

Estación: Cochabamba, latitud: 17° 23'; longitud: 66° 10'; altura: 2 558 m.; precipitación anual: 493 mm.

| | K | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Temperatura en grados Fahrenheit | | 65.3 | 65.0 | 65.0 | 64.0 | 59.7 | 55.9 | 55.9 | 58.8 | 62.4 | 66.2 | 67.1 | 66.4 |
| $25.4\,f = 25.4\,\frac{t.p}{100}$ | | 152.7 | 132.1 | 142.0 | 130.0 | 121.4 | 106.4 | 110.7 | 120.9 | 128.3 | 146.1 | 150.1 | 156.7 |
| Agua de consumo: 25.4 k.f (mm.) | | | | | | | | | | | | | |
| Trigo | 0.85 | 129.8 | 112.3 | 120.7 | 110.5 | 103.2 | - | - | - | 110.1 | 124.2 | 127.6 | 133.2 |
| Alfalfa | 0.80 | 122.2 | 105.7 | 113.6 | 104.0 | 97.1 | 85.1 | 88.6 | 96.7 | 102.6 | 116.9 | 120.1 | 125.4 |
| Maíz | 0.80 | 122.2 | 105.7 | 113.6 | 104.0 | 97.1 | - | - | - | 102.6 | 116.9 | 120.1 | 125.4 |
| Papas | 0.70 | 106.9 | 92.5 | 99.4 | 91.0 | 85.0 | - | - | - | 89.8 | 102.3 | 105.1 | 109.7 |
| Hortaliza | 0.60 | 91.6 | 79.3 | 85.2 | 78.0 | 72.8 | - | - | - | 77.0 | 87.7 | 90.1 | 94.0 |

Estación: El Alto, latitud: 16° 30'; longitud: 68° 10'; altura: 4 083 m.; precipitación anual: 548 mm.

| | K | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Temperatura en grados Fahrenheit | | 48.2 | 47.8 | 48.7 | 48.4 | 46.6 | 44.6 | 44.1 | 46.0 | 47.1 | 48.9 | 50.2 | 50.4 |
| $25.4\,f = 25.4\,\frac{t.p}{100}$ | | 111.5 | 97.0 | 105.2 | 98.3 | 94.7 | 86.1 | 88.4 | 94.5 | 97.0 | 108.0 | 112.0 | 117.9 |
| Agua de consumo: 25.4 k.f (mm.) | | | | | | | | | | | | | |
| Quinua | 0.85 | 94.8 | 82.5 | 89.4 | 83.6 | - | - | - | - | 82.5 | 91.8 | 95.2 | 100.2 |
| Trigo | 0.85 | 94.8 | 82.5 | 89.4 | 83.6 | - | - | - | - | - | - | 95.2 | 100.2 |
| Cebada | 0.80 | 89.2 | 77.6 | 84.2 | 78.6 | - | - | - | - | - | - | 89.6 | 94.3 |
| Papa | 0.70 | 78.1 | 67.9 | 73.6 | 68.8 | - | - | - | - | - | - | 78.4 | 82.5 |

Estación: Oruro, latitud: 17° 58'; longitud 67° 10'; altura: 3 706 m.; precipitación anual: 352 mm.

| | K | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Temperatura en grados Fahrenheit | | 55.2 | 54.9 | 55.0 | 52.7 | 47.1 | 43.7 | 43.0 | 47.0 | 50.7 | 54.5 | 56.7 | 57.0 |
| $25.4\,f = 25.4\,\frac{t.p}{100}$ | | 129.0 | 111.5 | 120.1 | 106.9 | 94.5 | 83.3 | 85.1 | 96.8 | 104.1 | 120.7 | 126.5 | 134.6 |
| Agua de consumo: 25.4 k.f (mm.) | | | | | | | | | | | | | |
| Quinua | 0.85 | 109.7 | 94.8 | 102.1 | 90.9 | - | - | - | - | 88.5 | 102.6 | 107.5 | 114.4 |
| Trigo | 0.85 | 109.7 | 94.8 | 102.1 | 90.9 | - | - | - | - | - | 102.6 | 107.5 | 114.4 |
| Cebada | 0.80 | 103.2 | 89.2 | 96.1 | 85.5 | - | - | - | - | - | - | 101.2 | 107.7 |
| Papa | 0.70 | 90.3 | 78.1 | 84.1 | 74.8 | - | - | - | - | - | - | 88.6 | 94.2 |

/Cuadro 18 (continuación)

Cuadro 18 (continuación)

Estación: Pazña, latitud: 18° 36'; longitud: 66° 55'; altura 3 710 m.; precipitación anual: 432 mm.

| | K | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Temperatura en grados Fahrenheit | | 53.4 | 53.0 | 52.0 | 47.7 | 41.4 | 37.8 | 37.8 | 42.6 | 46.4 | 49.3 | 52.5 | 53.4 |
| $25.4\ f = 25.4\ \frac{t.p}{100}$ | | 125.0 | 107.7 | 113.8 | 95.8 | 83.1 | 72.1 | 74.9 | 87.6 | 95.5 | 110.2 | 117.3 | 126.0 |
| Agua de consumo: 25.4 k.f (mm.) | | | | | | | | | | | | | |
| Quinua | 0.85 | 106.3 | 91.5 | 96.7 | - | - | - | - | - | - | - | 99.7 | 107.1 |
| Cebada, alfalfa | 0.80 | 100.0 | 86.2 | 91.0 | - | - | - | - | - | - | - | 93.8 | 100.8 |
| Papa | 0.70 | 87.5 | 75.4 | 79.7 | - | - | - | - | - | - | - | 82.1 | 88.2 |

Estación: Potosí, latitud 19° 35'; longitud 65° 45'; altura 3 904; precipitación anual: 463 mm.

| | K | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Temperatura en grados Fahrenheit | | 50.2 | 49.6 | 49.8 | 48.6 | 47.1 | 44.2 | 44.0 | 46.4 | 49.1 | 51.6 | 52.7 | 52.5 |
| $25.4\ f = 25.4\ \frac{t.p}{100}$ | | 116.1 | 100.8 | 108.7 | 98.8 | 95.8 | 85.3 | 88.4 | 96.5 | 101.1 | 114.0 | 116.3 | 121.4 |
| Agua de consumo: 25.4 k.f (mm.) | | | | | | | | | | | | | |
| Quinua | 0.85 | 98.5 | 85.6 | 92.5 | 84.0 | - | - | - | - | 85.9 | 96.9 | 98.9 | 103.1 |
| Trigo | 0.85 | 98.5 | 85.6 | 92.5 | 84.0 | - | - | - | - | - | 96.9 | 98.9 | 103.1 |
| Cebada | 0.80 | 92.8 | 80.6 | 87.0 | 79.0 | - | - | - | - | - | - | 93.1 | 97.1 |
| Papa | 0.70 | 81.2 | 70.6 | 76.1 | 69.2 | - | - | - | - | - | - | 81.4 | 85.0 |

Estación: Riberalta, latitud: 11° 00'; longitud: 66° 05'; altura; 172 m.; precipitación anual: 1 765 mm.

| | K | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Temperatura en grados Fahrenheit | | 79.6 | 80.1 | 80.1 | 79.6 | 79.0 | 77.2 | 77.7 | 81.4 | 82.7 | 81.5 | 81.1 | 80.4 |
| $25.4\ f = 25.4\ \frac{t.p}{100}$ | | 180.1 | 160.8 | 173.0 | 161.8 | 164.6 | 152.9 | 159.8 | 169.4 | 172.2 | 178.1 | 177.3 | 183.9 |
| Agua de consumo: 25.4 k.f (mm.) | | | | | | | | | | | | | |
| Arroz | 1.20 | 216.1 | 193.0 | 207.6 | 194.2 | 197.5 | - | - | - | - | 212.7 | 212.8 | 220.7 |
| Plátano | 1.10 | 198.1 | 176.9 | 190.3 | 178.0 | 181.1 | 168.2 | 175.8 | 186.3 | 189.4 | 195.9 | 195.0 | 202.3 |
| Cacao | 0.90 | 162.1 | 144.7 | 155.7 | 145.6 | 148.1 | 137.6 | 143.8 | 152.5 | 155.0 | 160.3 | 159.6 | 165.5 |
| Maíz | 0.80 | 144.1 | 128.6 | 138.4 | 129.4 | - | - | - | - | - | - | 141.8 | 147.1 |

Estación: Rurrenabaque, latitud: 14° 28'; longitud: 67° 35'; altura: 227 m.; precipitación anual: 1 834 mm.

| | K | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Temperatura en grados Fahrenheit | | 79.9 | 80.4 | 80.0 | 78.3 | 76.3 | 74.5 | 72.5 | 76.2 | 80.2 | 80.9 | 81.3 | 81.1 |
| $25.4\ f = 25.4\ \frac{t.p}{100}$ | | 184.4 | 163.1 | 174.8 | 159.0 | 154.9 | 143.8 | 147.3 | 156.7 | 165.1 | 178.8 | 179.6 | 187.5 |
| Agua de consumo: 25.4 k.f (mm.) | | | | | | | | | | | | | |
| Arroz | 1.20 | 221.3 | 195.7 | 209.8 | 190.8 | 185.9 | 172.6 | - | 188.0 | 198.1 | 214.6 | 215.5 | 225.0 |
| Plátano | 1.10 | 202.8 | 179.4 | 192.3 | 174.9 | 170.4 | 158.2 | 162.0 | 172.4 | 181.6 | 196.7 | 197.6 | 206.3 |
| Cacao | 0.90 | 166.0 | 146.8 | 157.3 | 143.1 | 139.4 | 129.4 | 132.6 | 141.0 | 148.6 | 160.9 | 161.6 | 168.8 |
| Maíz | 0.80 | 147.5 | 130.5 | 139.8 | 127.2 | 123.9 | - | - | 125.4 | 132.1 | 143.0 | 143.7 | 150.0 |
| Camote | 0.70 | 129.1 | 114.2 | 122.4 | 111.3 | 108.4 | - | - | 109.7 | 115.6 | 125.2 | 125.7 | 131.3 |

/Cuadro 18 (conclusión)

Cuadro 18 (conclusión)

Estación: Santa Cruz, latitud: 17° 46'; longitud: 63° 11'; altura: 442 m.; precipitación anual: 1 343 mm.

| | K | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Temperatura en grados Fahrenheit | | 79.4 | 78.9 | 77.9 | 74.5 | 70.5 | 67.8 | 67.1 | 72.3 | 75.9 | 77.9 | 79.9 | 79.7 |
| $25.4\ f = 25.4\ \frac{t.p}{100}$ | | 185.4 | 160.3 | 170.2 | 151.4 | 141.5 | 129.0 | 133.1 | 148.8 | 156.0 | 172.0 | 178.6 | 188.2 |
| Agua de consumo: 25.4 k.f (mm.) | | | | | | | | | | | | | |
| Arroz | 1.20 | 222.5 | 192.4 | 204.2 | 181.7 | 169.8 | - | - | - | 187.2 | 206.4 | 214.3 | 225.8 |
| Plátano | 1.10 | 203.9 | 176.3 | 187.2 | 166.5 | 155.7 | 141.9 | 146.4 | 163.7 | 171.6 | 189.2 | 196.5 | 207.0 |
| Caña | 0.90 | 166.9 | 144.3 | 153.2 | 136.6 | 127.4 | 116.1 | 119.8 | 133.9 | 140.4 | 154.8 | 160.7 | 169.4 |
| Maíz | 0.80 | 148.3 | 128.2 | 136.2 | 121.1 | 113.2 | - | - | - | 124.8 | 137.6 | 142.9 | 150.6 |
| Algodón | 0.70 | 129.8 | 112.2 | 119.1 | 106.0 | 99.1 | - | - | - | 109.2 | 120.4 | 125.0 | 131.7 |

Estación: Sica Sica, latitud: 17° 23'; longitud: 67° 44'; altura: 3 820 m.; precipitación anual: 295 mm.

| | K | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Temperatura en grados Fahrenheit | | 50.5 | 49.3 | 49.1 | 47.8 | 44.6 | 41.9 | 41.2 | 43.7 | 46.4 | 50.2 | 52.7 | 53.4 |
| $25.4\ f = 25.4\ \frac{t.p}{100}$ | | 118.1 | 100.1 | 107.2 | 97.0 | 90.4 | 79.8 | 81.5 | 89.9 | 95.5 | 111.0 | 117.9 | 126.0 |
| Agua de consumo: 25.4 k.f (mm.) | | | | | | | | | | | | | |
| Quinua | 0.85 | 100.4 | 85.1 | 91.1 | 82.5 | - | - | - | - | 81.2 | 94.4 | 100.2 | 107.1 |
| Trigo | 0.85 | 100.4 | 85.1 | 91.1 | 82.5 | - | - | - | - | - | - | 100.2 | 107.1 |
| Cebada | 0.80 | 94.5 | 80.1 | 85.8 | 77.6 | - | - | - | - | - | - | 94.3 | 100.8 |
| Papa | 0.70 | 82.7 | 70.1 | 75.0 | 67.9 | - | - | - | - | - | - | 82.5 | 88.2 |

Estación: Valle Grande, latitud: 18° 29'; longitud: 64° 06'; altura: 2 000 m.; precipitación anual 821 mm.

| | K | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Temperatura en grados Fahrenheit | | 65.6 | 64.6 | 63.8 | 61.0 | 59.9 | 57.7 | 56.5 | 58.6 | 62.4 | 63.1 | 65.3 | 66.2 |
| $25.4\ f = 25.4\ \frac{t.p}{100}$ | | 153.4 | 131.6 | 139.4 | 122.4 | 120.1 | 110.0 | 111.8 | 120.7 | 128.3 | 141.0 | 146.1 | 156.2 |
| Agua de consumo: 25.4 k.f (mm.) | | | | | | | | | | | | | |
| Trigo | 0.85 | 130.4 | 111.9 | 118.5 | 104.0 | 102.1 | - | - | - | - | - | 124.2 | 132.8 |
| Maíz | 0.80 | 122.7 | 105.3 | 111.5 | 97.9 | - | - | - | - | - | - | 116.9 | 125.0 |
| Papa | 0.70 | 107.4 | 92.1 | 97.6 | 85.7 | - | - | - | - | - | 98.7 | 102.3 | 109.3 |
| Tabaco | 0.65 | 99.7 | 85.5 | 90.6 | 79.6 | 78.1 | - | - | - | 83.4 | 91.7 | 95.0 | 101.5 |

Estación: Villamontes, latitud: 21° 16'; longitud: 63° 30'; altura: 520 m.; precipitación anual: 761 mm.

| | K | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Temperatura en grados Fahrenheit | | 83.3 | 80.6 | 78.1 | 74.1 | 68.2 | 63.5 | 63.1 | 71.2 | 76.5 | 80.8 | 82.6 | 82.0 |
| $25.4\ f = 25.4\ \frac{t.p}{100}$ | | 196.9 | 166.1 | 170.7 | 148.8 | 135.1 | 119.4 | 123.4 | 144.8 | 157.5 | 180.6 | 186.7 | 195.6 |
| Agua de consumo: 25.4 k.f (mm.) | | | | | | | | | | | | | |
| Maíz | 0.80 | 157.5 | 132.9 | 136.6 | 119.0 | 108.1 | - | - | - | 126.0 | 144.5 | 149.4 | 156.5 |
| Algodón, papa | 0.70 | 137.8 | 116.3 | 119.5 | 104.2 | 94.6 | - | - | - | 110.3 | 126.4 | 130.7 | 136.9 |
| Citrus | 0.60 | 118.1 | 99.7 | 102.4 | 89.3 | 81.1 | 71.6 | 74.0 | 86.9 | 94.5 | 108.4 | 112.0 | 117.4 |

/Cuadro 19

Cuadro 19

BOLIVIA: NECESIDADES DE RIEGO PARA DIFERENTES PLANTAS Y LOCALIDADES SEGUN FORMULAS DE BLANEY - CRIDDLE Y OLIVIER

Estación Camiri, latitud: 20° 06'; longitud: 63° 33'
altura: 876 m.
Precipitación anual: 859 mm

| | | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Precipitación (mm) | | 178 | 182 | 115 | 32 | 19 | 16 | 8 | 7 | 20 | 46 | 99 | 137 |
| A. Necesidades de riego según la fórmula de Blaney - Criddle | | | | | | | | | | | | | |
| Maíz | (a) | 0 | 0 | 30 | 135 | 148 | - | - | - | 172 | 155 | 77 | 13 |
| | (b) | 0 | 0 | 0.11 | 0.52 | 0.55 | - | - | - | 0.66 | 0.58 | 0.30 | 0.05 |
| Algodón, papa | (a) | 0 | 0 | 0 | 112 | 127 | - | - | - | 147 | 127 | 45 | 0 |
| | (b) | 0 | 0 | 0 | 0.43 | 0.47 | - | - | - | 0.57 | 0.47 | 0.17 | 0 |
| Citrus | (a) | 0 | 0 | 0 | 88 | 104 | 95 | 112 | 129 | 121 | 97 | 16 | 0 |
| | (b) | 0 | 0 | 0 | 0.34 | 0.39 | 0.37 | 0.42 | 0.48 | 0.47 | 0.36 | 0.06 | 0 |

Estación: Cochabamba, latitud: 17° 23'; longitud: 66° 10'
altura: 2558
Precipitación anual: 493 mm

| | | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Precipitación (mm) | | 131 | 104 | 57 | 14 | 3 | 3 | 3 | 7 | 8 | 23 | 49 | 91 |
| A. Necesidades de riego según la fórmula de Blaney - Criddle | | | | | | | | | | | | | |
| Trigo | (a) | 0 | 14 | 106 | 161 | 167 | - | - | - | 170 | 169 | 131 | 70 |
| | (b) | 0 | 0.06 | 0.40 | 0.62 | 0.62 | - | - | - | 0.65 | 0.63 | 0.49 | 0.26 |
| Alfalfa | (a) | 0 | 3 | 95 | 150 | 157 | 137 | 143 | 150 | 158 | 157 | 118 | 57 |
| | (b) | 0 | 0.01 | 0.35 | 0.58 | 0.59 | 0.53 | 0.53 | 0.56 | 0.61 | 0.59 | 0.46 | 0.21 |
| Maíz | (a) | 0 | 3 | 95 | 150 | 157 | - | - | - | 158 | 157 | 118 | 57 |
| | (b) | 0 | 0.01 | 0.35 | 0.58 | 0.59 | - | - | - | 0.61 | 0.59 | 0.46 | 0.21 |
| Papa | (a) | 0 | 0 | 70 | 128 | 137 | - | - | - | 120 | 132 | 93 | 32 |
| | (b) | 0 | 0 | 0.26 | 0.49 | 0.51 | - | - | - | 0.46 | 0.49 | 0.34 | 0.12 |
| Hortaliza | (a) | 0 | 0 | 47 | 107 | 116 | - | - | - | 115 | 108 | 69 | 5 |
| | (b) | 0 | 0 | 0.17 | 0.41 | 0.43 | - | - | - | 0.44 | 0.40 | 0.27 | 0.02 |
| B. Necesidades de riego según fórmula de Olivier | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0 | 10 | 125 | 182 | 172 | 163 | 193 | 247 | 287 | 295 | 233 | 127 |

Estación: El Alto, latitud: 16° 30'; longitud: 68° 10';
altura: 4 083 m
Precipitación anual: 548 mm

| | | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Precipitación (mm) | | 121 | 103 | 51 | 20 | 9 | 5 | 9 | 19 | 38 | 41 | 50 | 82 |
| A. Necesidades de riego según la fórmula de Blaney - Criddle | | | | | | | | | | | | | |
| Quinua | (a) | 0 | 0 | 64 | 106 | - | - | - | - | 74 | 85 | 75 | 30 |
| | (b) | 0 | 0 | 0.24 | 0.41 | - | - | - | - | 0.29 | 0.32 | 0.29 | 0.11 |
| Trigo | (a) | 0 | 0 | 64 | 106 | - | - | - | - | - | - | 75 | 30 |
| | (b) | 0 | 0 | 0.24 | 0.41 | - | - | - | - | - | - | 0.29 | 0.11 |
| Cebada | (a) | 0 | 0 | 55 | 98 | - | - | - | - | - | - | 67 | 20 |
| | (b) | 0 | 0 | 0.21 | 0.38 | - | - | - | - | - | - | 0.26 | 0.08 |
| Papa | (a) | 0 | 0 | 38 | 82 | - | - | - | - | - | - | 47 | 2 |
| | (b) | 0 | 0 | 0.14 | 0.32 | - | - | - | - | - | - | 0.18 | 0.01 |
| B. Necesidades de riego según la fórmula de Olivier | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0 | 0 | 25 | 85 | 125 | 120 | 143 | 163 | 130 | 145 | 85 | 35 |

Cuadro 19 (continuación 1)
Estación: Oruro, latitud: 17° 58'; longitud: 67° 10'; altura: 3 706 m.;
precipitación anual: 352 mm.

| | | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Precipitación (mm) | | 81 | 80 | 44 | 10 | 5 | 3 | 3 | 7 | 20 | 20 | 24 | 55 |
| A. Necesidades de riego según la fórmula de Blaney - Criddle | | | | | | | | | | | | | |
| Quinua | (a) | 48 | 25 | 97 | 135 | - | - | - | - | 114 | 138 | 139 | 99 |
| | (b) | 0.18 | 0.10 | 0.36 | 0.52 | - | - | - | - | 0.44 | 0.51 | 0.54 | 0.37 |
| Trigo | (a) | 48 | 25 | 97 | 135 | - | - | - | - | - | 138 | 139 | 99 |
| | (b) | 0.18 | 0.10 | 0.36 | 0.52 | - | - | - | - | - | 0.51 | 0.54 | 0.37 |
| Cebada | (a) | 37 | 15 | 87 | 127 | - | - | - | - | - | - | 128 | 88 |
| | (b) | 0.14 | 0.06 | 0.32 | 0.49 | - | - | - | - | - | - | 0.49 | 0.33 |
| Papa | (a) | 15 | 0 | 67 | 108 | - | - | - | - | - | - | 108 | 65 |
| | (b) | 0.06 | 0 | 0.25 | 0.42 | - | - | - | - | - | - | 0.42 | 0.24 |
| B. Necesidades de riego según la fórmula de Olivier | | | | | | | | | | | | | |
| | | 180 | 42 | 125 | 233 | 150 | 130 | 172 | 155 | 220 | 254 | 265 | 198 |

Estación: Pazña; latitud: 18° 36'; longitud: 66° 55'; altura: 3 710 m.;
precipitación anual: 432 mm.

| | | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Precipitación (mm) | | 105 | 116 | 64 | 8 | 3 | 4 | 4 | 4 | 16 | 19 | 30 | 59 |
| A. Necesidades de riego según la fórmula de Blanney - Criddle | | | | | | | | | | | | | |
| Quinua | (a) | 2 | 0 | 54 | - | - | - | - | - | - | - | 116 | 80 |
| | (b) | 0.01 | 0 | 0.20 | - | - | - | - | - | - | - | 0.45 | 0.30 |
| Cebada | (a) | 0 | 0 | 45 | - | - | - | - | - | - | - | 107 | 70 |
| | (b) | 0 | 0 | 0.17 | - | - | - | - | - | - | - | 0.41 | 0.26 |
| Papa | (a) | 0 | 0 | 27 | - | - | - | - | - | - | - | 87 | 48 |
| | (b) | 0 | 0 | 0.10 | - | - | - | - | - | - | - | 0.34 | 0.18 |

Estación: Potosí, latitud: 19° 35'; longitud: 65° 45', altura: 3 904 m.;
precipitación anual: 463 mm.

| | | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Precipitación (mm) | | 126 | 114 | 67 | 9 | 2 | 2 | 1 | 3 | 13 | 17 | 37 | 72 |
| A. Necesidades de riego según la fórmula de Blanney - Criddle | | | | | | | | | | | | | |
| Quinua | (a) | 0 | 0 | 43 | 125 | - | - | - | - | 122 | 133 | 103 | 52 |
| | (b) | 0 | 0 | 0.16 | 0.48 | - | - | - | - | 0.47 | 0.50 | 0.40 | 0.19 |
| Trigo | (a) | 0 | 0 | 43 | 125 | - | - | - | - | - | 133 | 103 | 52 |
| | (b) | 0 | 0 | 0.16 | 0.48 | - | - | - | - | - | 0.50 | 0.40 | 0.19 |
| Cebada | (a) | 0 | 0 | 33 | 117 | - | - | - | - | - | - | 94 | 42 |
| | (b) | 0 | 0 | 0.12 | 0.45 | - | - | - | - | - | - | 0.36 | 0.16 |
| Papa | (a) | 0 | 0 | 15 | 100 | - | - | - | - | - | - | 74 | 22 |
| | (b) | 0 | 0 | 0.06 | 0.39 | - | - | - | - | - | - | 0.29 | 0.08 |
| B. Necesidades de riego según la fórmula de Olivier | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0 | 0 | 0 | 108 | 148 | 130 | 148 | 148 | 167 | 188 | 108 | 68 |

/Cuadro 19 (continuación 2)

Cuadro 19 (continuación 2)
Estación: Riberalta; latitud: 11° 00'; longitud: 66° 05'; altura: 172 m.;
precipitación anual: 1 765 mm.

| | | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Precipitación (mm) | | 305 | 248 | 263 | 129 | 76 | 23 | 21 | 24 | 72 | 154 | 187 | 263 |
| A. Necesidades de riego según la fórmula de Blanney - Criddle | | | | | | | | | | | | | |
| Arroz | (a) | 0 | 0 | 0 | 108 | 203 | - | - | - | - | 98 | 43 | 0 |
| | (b) | 0 | 0 | 0 | 0.42 | 0.76 | - | - | - | - | 0.37 | 0.17 | 0 |
| Plátano | (a) | 0 | 0 | 0 | 55 | 148 | 217 | 232 | 242 | 167 | 40 | 13 | 0 |
| | (b) | 0 | 0 | 0 | 0.21 | 0.55 | 0.84 | 0.87 | 0.90 | 0.64 | 0.15 | 0.05 | 0 |
| Cacao | (a) | 0 | 0 | 0 | 28 | 120 | 192 | 205 | 215 | 138 | 10 | 0 | 0 |
| | (b) | 0 | 0 | 0 | 0.11 | 0.45 | 0.74 | 0.77 | 0.80 | 0.53 | 0.04 | 0 | 0 |
| Maíz | (a) | 0 | 0 | 0 | 0 | - | - | - | - | - | - | 0 | 0 |
| | (b) | 0 | 0 | 0 | 0 | - | - | - | - | - | - | 0 | 0 |
| B. Necesidades de riego según la fórmula de Olivier | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 35 | 85 | 138 | 40 | 0 | 0 | 0 |

Estación: Rurrenabaque; latitud: 14° 28'; longitud: 67° 35'; altura: 227 m.;
precipitación anual: 1 834 mm.

| | | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Precipitación (mm) | | 276 | 231 | 229 | 116 | 106 | 130 | 91 | 60 | 85 | 134 | 191 | 185 |
| A. Necesidades de riego según la fórmula de Blanney - Criddle | | | | | | | | | | | | | |
| Arroz | (a) | 0 | 0 | 0 | 125 | 133 | - | - | 213 | 188 | 135 | 42 | 67 |
| | (b) | 0 | 0 | 0 | 0.48 | 0.49 | - | - | 0.79 | 0.73 | 0.50 | 0.16 | 0.25 |
| Plátano | (a) | 0 | 0 | 0 | 72 | 82 | 23 | 93 | 162 | 133 | 75 | 11 | 5 |
| | (b) | 0 | 0 | 0 | 0.28 | 0.30 | 0.09 | 0.34 | 0.60 | 0.51 | 0.28 | 0.04 | 0.02 |
| Cacao | (a) | 0 | 0 | 0 | 45 | 55 | 0 | 69 | 135 | 107 | 45 | - | 0 |
| | (b) | 0 | 0 | 0 | 0.17 | 0.20 | 0 | 0.28 | 0.50 | 0.41 | 0.17 | - | 0 |
| Maíz | (a) | 0 | 0 | 0 | 18 | 30 | - | - | 108 | 78 | 15 | - | 0 |
| | (b) | 0 | 0 | 0 | 0.07 | 0.11 | - | - | 0.40 | 0.30 | 0.06 | - | 0 |
| Camote | (a) | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | - | - | 83 | 50 | 0 | - | 0 |
| | (b) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.01 | - | - | 0.31 | 0.19 | 0 | - | 0 |
| B. Necesidades de riego según la fórmula de Olivier | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 8 | 0 | 0 | 0 |

Estación: Santa Cruz; latitud: 17° 46'; longitud: 63° 11'; altura: 442 m.;
precipitación anual: 1 343 mm.

| | | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Precipitación (mm) | | 190 | 146 | 140 | 113 | 102 | 83 | 76 | 30 | 77 | 112 | 108 | 166 |
| A. Necesidades de riego según la fórmula de Blanney - Criddle | | | | | | | | | | | | | |
| Arroz | (a) | 55 | 77 | 107 | 115 | 113 | - | - | - | 183 | 157 | 177 | 100 |
| | (b) | 0.20 | 0.32 | 0.40 | 0.44 | 0.42 | - | - | - | 0.71 | 0.58 | 0.68 | 0.37 |
| Plátano | (a) | 23 | 50 | 78 | 90 | 90 | 100 | 117 | 223 | 158 | 128 | 148 | 68 |
| | (b) | 0.08 | 0.11 | 0.29 | 0.35 | 0.34 | 0.38 | 0.45 | 0.83 | 0.61 | 0.48 | 0.57 | 0.25 |
| Caña | (a) | 0 | 0 | 22 | 40 | 42 | 55 | 73 | 173 | 105 | 72 | 88 | 5 |
| | (b) | 0 | 0 | 0.08 | 0.15 | 0.16 | 0.21 | 0.27 | 0.64 | 0.41 | 0.27 | 0.34 | 0.02 |
| Maíz | (a) | 0 | 0 | 0 | 13 | 18 | - | - | - | 80 | 43 | 58 | 0 |
| | (b) | 0 | 0 | 0 | 0.05 | 0.07 | - | - | - | 0.31 | 0.16 | 0.22 | 0 |
| Algodón | (a) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | - | - | 53 | 13 | 28 | 0 |
| | (b) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | - | - | 0.20 | 0.05 | 0.11 | 0 |
| B. Necesidades de riego según la fórmula de Olivier | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 52 | 62 | 27 | 20 | 0 |

Cuadro 19 (conclusión)

Estación: Sica Sica; latitud: 17° 23'; longitud: 67° 44'; altura: 3 820 m.; precipitación anual: 295 mm.

| | | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Precipitación (mm) | | 75 | 64 | 44 | 8 | 2 | 3 | 1 | 6 | 16 | 6 | 16 | 54 |
| A. Necesidades de riego según la fórmula de Blanney - Criddle | | | | | | | | | | | | | |
| Quinua | (a) | 41 | 35 | 78 | 125 | - | - | - | - | 108 | 147 | 140 | 88 |
| | (b) | 0.15 | 0.14 | 0.29 | 0.48 | - | - | - | - | 0.42 | 0.55 | 0.54 | 0.33 |
| Trigo | (a) | 41 | 35 | 78 | 125 | - | - | - | - | - | - | 140 | 88 |
| | (b) | 0.15 | 0.14 | 0.29 | 0.48 | - | - | - | - | - | - | 0.54 | 0.33 |
| Cebada | (a) | 33 | 27 | 70 | 117 | - | - | - | - | - | - | 130 | 78 |
| | (b) | 0.12 | 0.11 | 0.26 | 0.45 | - | - | - | - | - | - | 0.50 | 0.29 |
| Papa | (a) | 13 | 10 | 52 | 100 | - | - | - | - | - | - | 113 | 57 |
| | (b) | 0.05 | 0.04 | 0.19 | 0.39 | - | - | - | - | - | - | 0.44 | 0.21 |

Estación: Valle Grande; latitud: 18° 29' longitud: 64° 06'; altura; 2 000 m.; precipitación anual: 821 mm.

| | | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Precipitación (mm) | | 208 | 152 | 62 | 46 | 17 | 17 | 13 | 12 | 30 | 49 | 84 | 131 |
| A. Necesidades de riego según la fórmula de Blanney - Criddle | | | | | | | | | | | | | |
| Trigo | (a) | 0 | 0 | 94 | 97 | 142 | - | - | - | - | - | 67 | 3 |
| | (b) | 0 | 0 | 0.35 | 0.38 | 0.53 | - | - | - | - | - | 0.26 | 0.01 |
| Maíz | (a) | 0 | 0 | 83 | 87 | - | - | - | - | - | - | 55 | - |
| | (b) | 0 | 0 | 0.31 | 0.34 | - | - | - | - | - | - | 0.21 | - |
| Papa | (a) | 0 | 0 | 60 | 67 | - | - | - | - | - | 83 | 30 | - |
| | (b) | 0 | 0 | 0.22 | 0.26 | - | - | - | - | - | 0.31 | 0.12 | - |
| Tabaco | (a) | 0 | 0 | 48 | 56 | 102 | - | - | - | 89 | 71 | 18 | - |
| | (b) | 0 | 0 | 0.18 | 0.22 | 0.38 | - | - | - | 0.34 | 0.27 | 0.07 | - |
| B. Necesidades de riego según la fórmula de Olivier | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0 | 0 | 0 | 0 | 27 | 33 | 77 | 142 | 97 | 97 | 8 | 0 |

Estación: Villamontes, latitud: 21° 16'; longitud: 63° 30'; altura: 520 m.; precipitación anual: 761 mm.

| | | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Precipitación (mm) | | 142 | 130 | 127 | 41 | 16 | 8 | 2 | 1 | 10 | 28 | 133 | 123 |
| A. Necesidades de riego según la fórmula de Blanney - Criddle | | | | | | | | | | | | | |
| Maíz | (a) | 27 | 5 | 17 | 130 | 153 | - | - | - | 193 | 195 | 27 | 57 |
| | (b) | 0.10 | 0.02 | 0.06 | 0.50 | 0.57 | - | - | - | 0.74 | 0.72 | 0.10 | 0.21 |
| Algodón, papa | (a) | 0 | 0 | 0 | 105 | 132 | - | - | - | 167 | 163 | 0 | 23 |
| | (b) | 0 | 0 | 0 | 0.41 | 0.49 | - | - | - | 0.64 | 0.60 | 0 | 0.09 |
| Citrus | (a) | 0 | 0 | 0 | 80 | 108 | 106 | 120 | 143 | 141 | 134 | 0 | 0 |
| | (b) | 0 | 0 | 0 | 0.31 | 0.40 | 0.41 | 0.45 | 0.53 | 0.54 | 0.50 | 0 | 0 |

(a) = mm.
(b) = lts/seg/ha.

/Como en

Como en el método anterior, fue calculada el agua de riego necesaria suponiendo una eficiencia del sistema de 0.6 y estos valores se volcaron en el cuadro 19. Como en algunos de los lugares citados el cómputo del agua de consumo y las necesidades de riego fueron calculadas también aplicando el método Olivier, es posible establecer en esos puntos comparaciones entre ambos métodos.

Comparando los lugares considerados del Altiplano se nota que, para los cultivos tomados en cuenta, en El Alto y Pazña, no se necesita riego en los meses de enero y febrero. En cambio, sí lo requieren Sica-Sica y Oruro. También para un mismo cultivo las cantidades de riego en estas últimas es mayor. Se debe señalar que la precipitación anual es mayor en las primeras.

En Cochabamba (cuadro 19) el único mes que no necesita riego es enero y en febrero se requiere muy poco. En Vallegrande (cuadro 19) la mayor precipitación satisface las necesidades de los cultivos en enero, febrero y casi diciembre siendo menores las necesidades de riego que en Cochabamba, para los meses restantes.

En la zona de los Llanos Orientales, Villamontes, no se requiere riego en enero, febrero, marzo y noviembre para el algodón, la papa y los cítricos. Sin embargo, se necesita para el maíz en todos los meses.

Más al norte, Camiri tiene mayor precipitación anual y allí el maíz no requiere riego en enero y febrero, pero lo necesita en cambio en noviembre el algodón, la papa y los cítricos.

En Santa Cruz a pesar de tener una precipitación anual relativamente alta no alcanza a cubrir las necesidades de cultivos como el algodón, el maíz, la caña de azúcar, el plátano y el arroz. Incluso el algodón, a pesar de su bajo consumo de agua, necesita riego en septiembre, octubre y noviembre.

En la zona de Beni, Riberalta y Rurrenabaque, tienen abundantes lluvias, en enero, febrero, marzo, noviembre y diciembre, pero el riego se hace necesario en los otros meses. El maíz no requiere riego en Riberalta únicamente.

Se puede observar que para los lugares más secos (El Alto, Oruro, Cochabamba) los valores dados por el método de Olivier son superiores a los obtenidos por el de Blaney y Criddle, aún para los valores más altos del coeficiente k considerado.

/En zonas

En zonas con mayor precipitación anual como Valle Grande y Santa Cruz los resultados dados por la fórmula de Olivier superan en algunos meses los obtenidos por la de Blaney y Criddle, en los coeficientes más bajos.

Para los lugares de mayor precipitación como Riberalta y Rurrenabaque los resultados dados por el método de Olivier son menores que los obtenidos con otro método.

## 2. Condiciones meteorológicas adversas

### a) Granizo

Aunque no hay estudios realizados sobre los perjuicios producidos por el granizo, es bien conocida su acción destructora tanto en los cultivos anuales como en los interanuales, aunque indudablemente se han manifestado especialmente en los primeros, como el trigo y la cebada.

Si bien el Servicio Meteorológico registra los casos de granizos observados en las estaciones sinópticas y en las climatológicas, no se ha considerado la magnitud del efecto causado sobre las distintas especies cultivadas en cada región.

Entre las mayores granizadas registradas figura la ocurrida en La Paz el 1° de abril de 1944, fecha en que el pedrisco alcanzó a tener 45 milímetros. Este fenómeno ha sido excepcional e indudablemente es capaz de producir daños no sólo a la agricultura. Sin embargo, granizos de menor tamaño han producido consecuencias desastrosas en la vid en las zonas de Cochabamba, Camargo, Luribay y Sapahaqui.

Los lugares con mayor frecuencia de granizadas pueden observarse en el cuadro 20.[8/] Como se ve, todos pertenecen al Altiplano norte o a la zona cordillerana. Todos los Llanos y la zona sudoeste del Altiplano tienen menos de una granizada por año. En el Altiplano y los Valles la época de ocurrencia es principalmente en verano (diciembre a febrero). Las pocas granizadas que ocurren en el Oriente se registran en invierno.

El período estudiado de 5 años no permite sino considerar estos resultados generales. No parece, por el momento, que las pérdidas ocasionadas pudieran justificar económicamente una lucha antigranizo con sembrado de nubes,

---

8/ Véase Ismael Escobar Vallejos,"Estudio sobre el granizo", Nimbus, Año 1, N°3.

/Cuadro 20

Cuadro 20

BOLIVIA: MAYORES FRECUENCIAS ANUALES DE GRANIZADAS, 1945-1949

| Lugar | Número de granizadas |
|---|---|
| Chapisirca (Cochabamba) | 25.5 |
| Viscachani (La Paz) | 15.8 |
| Cacachaca (Oruro) | 14.6 |
| Chacaltaya (La Paz) | 14.5 |
| Jesús de Machaca (La Paz) | 13.0 |
| Condo (Oruro) | 12.5 |
| Corocoro (La Paz) | 10.4 |
| Guaqui (La Paz) | 10.0 |
| Patacamaya (La Paz) | 8.4 |
| Oruro (Oruro) | 7.8 |
| La Paz (La Paz) | 7.7 |
| Sucre (Chuquisaca) | 6.6 |
| El Alto (La Paz) | 6.4 |
| Morochata (Cochabamba) | 6.2 |
| Yocalla (Potosí) | 6.2 |
| Calamarca (La Paz) | 6.0 |
| Tomina (Chuquisaca) | 5.3 |
| Camargo (Chuquisaca) | 5.0 |
| Copacabana (La Paz) | 4.8 |
| La Angostura (Cochabamba) | 4.8 |
| Charaña (La Paz) | 4.6 |
| Tiquina (La Paz) | 4.6 |
| Choroty (Chuquisaca) | 4.4 |
| Potosí (Potosí) | 4.4 |
| Ayo-Ayo (La Paz) | 3.8 |
| Sacabamba (Cochabamba) | 3.8 |
| Betanzos (Potosí) | 3.6 |
| Chaccma (La Paz) | 3.6 |
| Luribay (La Paz) | 3.6 |
| Oploca (Potosí) | 3.6 |
| Sicasica (La Paz) | 3.6 |
| Peñas (Oruro) | 3.4 |
| Agua Castilla (Potosí) | 3.2 |
| Eucaliptus (Oruro) | 3.0 |
| Pazña (Oruro) | 3.0 |
| Tupiza (Potosí) | 3.0 |

Fuente: Ismael Escobar V., "Estudio sobre el granizo", Nimbus, año 1, No. 3.

/pero es

pero es oportuno llevar adelante tareas de investigación que requieren varios años de observaciones, con el fin no sólo de precisar causas y efectos y estimar los perjuicios económicos necesarios para justificar una lucha como la señalada, sino también para tratar de emplear o mejorar, en los casos posibles, variedades más resistentes al granizo.

b) Heladas

Se puede decir que en la región del Altiplano las heladas son fenómenos frecuentes. Su época de ocurrencia se extiende desde la primera quincena de marzo, con heladas tempranas, hasta fin de septiembre o principios de octubre, con heladas tardías. Sin embargo, hay algunas que se presentan accidentalmente en enero, pero su duración es suficiente para ocasionar graves daños a cultivos como el trigo.

El efecto térmico regulador del lago Titicaca hace que en esa zona las heladas causen menos perjuicios a la agricultura. Un fenómeno similar se da en las inmediaciones del lago Poopó.

El período libre de heladas es variable según las localidades,[9/] aunque se pueda estimar en unos 100 a 120 días para el Altiplano. Lapso tan corto obliga a utilizar dentro de cada cultivo variedades de crecimiento rápido para eliminar el riesgo de heladas tempranas y tardías. También puede ser efectiva en algunas zonas la formación de filas de arbustos para evitar el desplazamiento de aire frío en capas próximas al suelo y convertirse en protección de cultivos para algunas heladas.

En los Valles los períodos de las heladas se presentan de acuerdo con su altura sobre el nivel del mar. En los más bajos las heladas tempranas se presentan a principios de mayo y las tardías en la segunda quincena de agosto. En los más altos el período libre de heladas se acorta, pues las tempranas aparecen en abril, siendo en septiembre las tardías. En estos últimos, se presentan con frecuencia en el invierno.

En los Llanos orientales prácticamente no se registran heladas, pudiendo presentarse días en que la temperatura desciende ocasionalmente de cero grados. En los Llanos del norte no ocurren heladas.

---

9/ Véase Octavio Antezana, "Las heladas y la agricultura", Nimbus, Año III, Nos. 8 y 9.

/3. Observaciones

## 3. Observaciones y sugerencias

Diversos agentes meteorológicos que afectan a la agricultura en perjuicio de la economía nacional indican la necesidad de efectuar una metódica y minuciosa investigación en el campo agrometeorológico. Para ello es necesario la formación de nuevas estaciones pues las dos en funcionamiento - Belén-Achacachi y La Tamborada-Cochabamba - en manera alguna pueden satisfacer las necesidades actuales del país.

Además de realizar observaciones de datos meteorológicos con fines agrícolas, estudios fenológicos, ecológicos, bioclimatológicos y fitogeográficos se deberá prestar una especial atención a las condiciones meteorológicas adversas.

Para encarar la lucha antigranizo deben iniciarse investigaciones lo antes posible, pues demandarán varios años antes de poder tomarse medidas efectivas. Para comenzar su estudio debe llevarse a cabo una programación y ejecución de observaciones con ayuda de los agricultores en las zonas afectadas, determinando los casos producidos, sus causas meteorológicas y sus perjuicios. Al mismo tiempo, debe considerarse la posible utilización de variedades de cultivo más resistentes al granizo. La experiencia de otros países en este tipo de lucha puede servir de orientación en los primeros pasos.

Las heladas que afectan principalmente a los cultivos del Altiplano y con menor intensidad a los de los Valles requieren igualmente un estudio especial. Además de la necesidad de mejorar las variedades para hacerlas más resistentes, es preciso la instrucción sobre prácticas para la defensa contra heladas. Se requiere asesoramiento sobre la formación de setos de arbustos para contención o desviación del aire frío en capas adyacentes al suelo, pues puede ser un método aplicable en determinados casos. Se podrán considerar otros métodos de destrucción de heladas - calentamiento, nieblas artificiales, humos, etc. - en los casos que económicamente se justifique su aplicación.

Las estaciones agrometeorológicas deberán también contribuir a la utilización de otros cultivos que no sean los tradicionales del país a fin de diversificar el restringido cultivo del Altiplano y algunos valles.

/Es de

Es de fundamental importancia el estudio experimental sistemático de las necesidades de agua para los distintos tipos de cultivos en diferentes clases de suelos, climas y métodos de cultivos. Se podrán así determinar las más convenientes para cada región a base de su rendimiento y se tendrá un valioso elemento para estudios de riego.

Como primera etapa podría ser conveniente establecer las necesidades de agua sobre la base del método de Blaney y Criddle, u otro aconsejable, y determinar en cada región los cultivos que mejor se adaptan de acuerdo con las precipitaciones o disponibilidades de agua.

Deben realizarse paralelamente estudios experimentales sobre evapotranspiración.

/IV. RECOMENDACIONES

## IV. RECOMENDACIONES

### 1. En meteorología

El mejoramiento de la meteorología es una necesidad no sólo de este campo, sino también de ciencias conexas como la hidrología, la agronomía, etc. Hasta el presente la mayor actividad se ha dirigido hacia el campo de la protección meteorológica a la aeronáutica, descuidando aspectos tan fundamentales como los agrometeorológicos e hidrometeorológicos.

Es urgente proceder a la reorganización de todos los servicios meteorológicos para mejorarlos y ampliarlos, tratando de que todos se encuentren en un plazo breve bajo un solo organismo como la Dirección del Servicio Meteorológico Nacional, pues al nivel en que ahora se hallan resultaría relativamente fácil dar este paso.

Son varias las medidas que deben tomarse con el objeto de alcanzar el mejoramiento deseado, pero es fundamental disponer de más recursos financieros para - entre otras cosas - retribuir en forma eficiente al personal. Esta deficiencia ha determinado desde hace unos años el éxodo de personal capacitado cuya colaboración se hace necesaria en los momentos actuales. Es pequeño el número de personas actualmente disponible y lamentablemente no todas cuentan con la suficiente preparación.

El instrumental en uso debe ser renovado en su gran mayoría, pues se encuentran en estado deficiente por falta de adecuado mantenimiento. Al mismo tiempo que se prevea la compra del nuevo, uniforme y calibrado, deberá encararse simultáneamente la instalación de un pequeño taller y laboratorio para el mantenimiento del nuevo equipo, a fin de no caer nuevamente en el estado actual.

El número de estaciones es totalmente insuficiente y debe ampliarse de acuerdo con el plan que se propone en el informe especial del experto en hidrometeorología. Este plan ya fue propuesto por una misión anterior en el año 1960 y se le han hecho ligeras modificaciones discutidas con los técnicos locales. En este plan también se han considerado las estaciones de carácter meteorológico necesarias para el desarrollo concomitante de la red hidrológica.

/La actual

La actual ubicación de las estaciones debe analizarse para determinar si sus observaciones son representativas de las condiciones meteorológicas del lugar. Cuando sea necesaria la reubicación implicará la simultaneidad de observaciones en el sitio nuevo y en el antiguo hasta la determinación de coeficientes que permitan la extensión de los registros.

Debido al deficiente sistema de transimisión hay una gran cantidad de observaciones que no se incorporan a la red sinóptica y cuya utilidad es manifiesta. Hasta que la Dirección de Meteorología disponga de comunicaciones que satisfagan sus propias necesidades, se debe pedir a los Telégrafos del Estado que conceda prioridad para los mensajes meteorológicos con el fin de mejorar y acelerar la transmisión de datos. También, como medida de emergencia, se podría requerir en algunos lugares la colaboración de Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos para la transmisión de datos por su amplia red de estaciones de radio.

La publicación de un manual de instrucciones para el observador es más necesario quizá en Bolivia que en otros países, pues las grandes distancias a recorrer, las dificultades de transportes y aún las de comunicaciones hacen difícil el control de los observadores. Este manual debe ser editado teniendo como base la conocida publicación de la Organización Meteorológica Mundial. 10/ Con ello se contribuirá no sólo a mejorar la práctica de observaciones, sino también a uniformarla entre los varios servicios.

La necesidad del control de observadores y de observaciones hace necesario establecer servicios regionales de inspección en varias zonas del país, teniendo en cuenta no sólo su división política o geográfica, sino principalmente sus posibilidades de transporte y accesibilidad.

La realización de cursos para observadores y técnicos se debe encarar con carácter rutinario, no sólo para la preparación de los nuevos, sino también para el perfeccionamiento de los antiguos. Estos cursos cubrirán aspectos de observación hidrológica. En cuanto a la formación de profesionales de nivel universitario, será conveniente en una primera etapa su preparación en el exterior, dado el reducido número. Posteriormente, sin embargo, una vez formado un núcleo conveniente de profesionales, se podría llevar a cabo en colaboración con alguna universidad local la creación de cursos universitarios.

---

10/ Véase Guide to international meteorological instrument and observing practice, OMM N°8 T.P.3.

/Las observaciones

Las observaciones de radiación - descuidadas casi por completo - necesitan ser efectuadas en todo el país, y su realización en el Altiplano reviste una importancia excepcional por cuanto allí pueden constituir una nueva fuente de energía.

En lo referente a los compromisos internacionales es importante su cumplimiento, especialmente en lo que toca a las resoluciones de la Segunda Reunión de la Asociación Regional III de la Organización Meteorológica Mundial reunida en Caracas en diciembre de 1957[11/]

## 2. En hidrología

La falta de estaciones hidrológicas ya fue analizada y es reconocida por los técnicos locales de los diferentes organismos estatales que de alguna forma se encuentran vinculados con esta actividad. Esta deficiencia, sumada a los pocos años de extensión que poseen los registros existentes, obliga a considerar urgentes medidas con el objeto de disponer, lo antes posible, de los datos básicos necesarios para los estudios de muchos proyectos de utilización de los recursos hidráulicos que se encuentran en su fase inicial.

Toda la información hidrológica debe centralizarse en un organismo que forme el Archivo Nacional de Hidrología. Este archivo también llevaría la información relativa al agua subterránea. La Corporación Boliviana de Fomento, a través de su Departamento de Hidrología, podría ser la institución encargada de esta tarea.

Las actividades hidrológicas realizadas por diversos organismos deben ser coordinadas, planificadas y normalizadas de acuerdo con las directivas del Comité Nacional de Meteorología e Hidrología, cuya creación se propone en el punto siguiente.

Como parte de esta tarea la publicación de un manual de hidrología con fines observacionales y de estadística facilitaría la labor para la normalización buscada.

La formación de observadores, aforadores y técnicos en cursos tipo contribuirá a obtener datos básicos de igual grado de confiabilidad.

---

11/ Véanse las resoluciones 2, 11, 13, 23, 25, 27 y 29 y también las resoluciones aún pendientes de la Primera Reunión: 21, 22, 23 y 24.

/Dada la

Dada la importancia de la hidrología - que no siempre se ha reconocido en toda su magnitud - en los planes de estudios universitarios, es necesario intensificar los mismos por lo menos en una o dos universidades del país, como serían las de La Paz o Cochabamba.

La red hidrológica debe ser ampliada de acuerdo con el plan que se propone en el anexo 1. En él se ha tenido en cuenta no sólo la necesidad de datos para proyectos cuya ejecución se podrá realizar dentro de un futuro cercano, sino también los que se requieren para obtener una evaluación general de los recursos hídricos del país con fines de planificación.

Es necesario un reconocimiento hidrológico detallado de aquellas zonas que por su configuración orográfica pueden ser de gran aprovechamiento. Tal sería el caso de la Cordillera de Cochabamba.

La medición de la precipitación de nieve mediante nivómetros totalizadores, o secciones nivométricas, se debe encarar en forma rutinaria para precisar los aportes de la nieve en los escurrimientos y en algunos casos llegar a su posible pronóstico. En igual forma convendría iniciar estudios sobre reconocimientos de glaciares, especialmente de aquellos cuyo aporte se efectúa en ríos ya utilizados o que se hallan próximos a ser aprovechados.

Aunque existen mediciones de la evaporación, se considera que deben ser ampliadas, mejoradas y normalizadas, en lo posible con el tanque A tipo U.S. Weather Bureau. Especialmente en el Altiplano su conocimiento es de fundamental importancia dada la poca disponibilidad de agua y los altos valores de evaporación registrados. En esas condiciones se hacen necesarios estudios sobre procedimientos para disminuirla.

El conocimiento del agua subterránea, descuidado casi por completo, se hace imperioso, pues además de constituir en general una fuente alternativa del agua superficial, en algunos lugares puede ser la única disponible. La perforación de pozos freatimétricos para este estudio se requiere, en un primer paso, en aquellos lugares en que el agua subterránea puede ser de utilización inmediata.

Conjuntamente con este estudio es de interés realizar algunas experiencias de infiltración, especialmente en el Altiplano, para el mejor conocimiento del agua subterránea.

/Las mediciones

Las mediciones de material en suspensión y de arrastre realizadas muy esporádicamente deben efectuarse en forma sistemática con las mediciones de aforo, pues no debe olvidarse que en ciertas regiones del país la erosión es un problema de señalada importancia.

3. Creación del Comité Nacional de Meteorología e Hidrología 12/

Las actividades meteorológicas e hidrológicas son desarrolladas en Bolivia por diferentes organizaciones gubernamentales bajo directivas que sólo satisfacen necesidades específicas y que, por lo tanto, no siguen un plan que se ajuste al más amplio interés nacional.

Para una completa coordinación en estas tareas se recomienda la creación de un Comité Nacional de Meteorología e Hidrología, en el que deberán estar representados todos los organismos que realicen actividades meteorológicas o hidrológicas y aquellos que requieren de las mismas en gran escala.

Es también necesario que el Comité esté vinculado directamente a un futuro Centro de Coordinación de los Recursos Hidráulicos 13/ a efectos de que siga la orientación que éste aconseje en un plano mucho más amplio.

El Comité podría estar constituido por un representante de cada una de las siguientes organizaciones: Dirección General de Meteorología, Corporación Boliviana de Fomento, Lloyd Aéreo Boliviano, Junta Nacional de Planeamiento, Corporación Minera de Bolivia, Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos, Fuerzas Aéreas de Bolivia, Dirección General de Riego, Dirección General de Hidráulica y Electricidad. Sus tareas, de acuerdo con lo ya mencionado, serían las siguientes:

a) Coordinar el quehacer meteorológico con el hidrológico;

b) Coordinar las actividades meteorológicas de todos los organismos que realicen tareas en ese campo;

c) Coordinar las actividades hidrológicas de todos los organismos encargados de esa especialidad;

d) Adoptar tipos de instrumental a usarse;

e) Aprobar la ubicación de nuevas estaciones a propuesta de los miembros componentes;

f) Fijar horas de observaciones de acuerdo con las necesidades y los convenios internacionales;

---

12/ El Comité Nacional de Meteorología formado después que la misión dejara el país, cumple en la rama meteorológica las funciones que acá se aconsejan para un comité más amplio.

13/ Véase más adelante el capítulo VIII.

/g) Establecer

g) Establecer los requisitos mínimos necesarios para el personal en sus diversas categorías;

h) Unificar sistemas de observaciones, unidades de medidas y tipos de estadísticas;

i) Planificar la ampliación de las redes de observación;

j) Servir de cuerpo consultivo al gobierno en asuntos relacionados con meteorología e hidrología;

k) Asumir la representación nacional ante los organismos internacionales de ambas especialidades y ciencias conexas como: la OMM, la OACI, la UGGI, la FAO, etc; y

l) Todas aquellas funciones que contribuyen directamente a la integración y mejoramiento de la meteorología o hidrología del país.

/Capítulo II

## Capítulo II

# A G U A  P O T A B L E  Y  A L C A N T A R I L L A D O

## I. SITUACION ACTUAL

A base de estadísticas incompletas, se estima que en Bolivia los servicios de agua potable atienden aproximadamente a 600 000 habitantes (1960), o sea a poco menos de un 16 por ciento de la población total del país y a un 55 por ciento de la población urbana (núcleos de 2 000 o más personas), que se calcula en 1.1 millones de habitantes. Hay 500 000 personas en las ciudades y un total de 3.2 millones en todo el país que carecen de servicios de agua potable en la casa. Esa población se ve obligada en las ciudades con redes públicas a recurrir a servicios indirectos y en los demás casos a las aguas lluvia, a las aguas superficiales o a las aguas subterráneas no tratadas, con todos los inconvenientes que ello significa.

La situación, comparada con la de otros países de América Latina, puede considerarse desfavorable pues en el conjunto de ellos, el 47.2 por ciento de la población total, y sobre el 60 por ciento de la urbana, cuenta con servicio público de agua. (Véase el cuadro 21.)

La distribución de población urbana sin servicio de agua potable es irregular y varía apreciablemente con el tamaño de los centros urbanos. La dispersión geográfica de las ciudades pequeñas dificulta en gran medida la construcción de las obras correspondientes, pero también los centros urbanos mayores hacen frente a graves problemas en este aspecto. Así, en el conjunto de las dos ciudades (La Paz y Cochabamba) con más de 100 000 habitantes el 42.4 de la población carece de ese servicio y en el grupo de aquellas cuya población fluctúa entre 50 000 y 100 000 (Oruro, Potosí, Santa Cruz y Sucre) ese porcentaje se eleva a 57.2. Santa Cruz con 60 000 habitantes no tiene red de servicio público de agua; tampoco la tiene Colíja que es asimismo capital de departamento. (Véanse las dos primeras columnas del cuadro 22.)

No fue posible obtener información sobre la distribución del consumo de agua potable para fines domésticos y la destinada a otros usos.

/Cuadro 21

Cuadro 21

AMERICA LATINA: POBLACION QUE DISPONE DE SERVICIOS PUBLICOS DE AGUA

| País | Población (millones) | | | Porciento con servicios | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Total | Con servicios | Sin servicios | De la población total | De la población urbana a/ |
| Argentina | 18.5 | 10.5 | 8.0 | 55.6 | 74 |
| Bolivia | 3.8 | 0.6 | 3.2 | 15.8 | 55 |
| Brasil | 55.7 | 24.3 | 31.4 | 43.6 | 54 |
| Colombia | 15.0 | 5.3 | 9.7 | 35.0 | 71 |
| Chile | 7.2 | 3.2 | 4.0 | 44.5 | 56 |
| Ecuador | 33.7 | 1.7 | 2.0 | 45.8 | 72 |
| Perú | 9.2 | 4.7 | 4.5 | 51.5 | 69 |
| Uruguay | 2.7 | 2.4 | 0.3 | 89.3 | - |
| Venezuela | 6.5 | 2.5 | 4.0 | 38.5 | 54 |
| Subtotal | 122.3 | 55.2 | 67.1 | 45.1 | 608 b/ |
| Otros | 58.4 | 30.1 | 28.3 | 51.5 | ... |
| Total | 180.7 | 85.3 | 95.4 | 47.2 | ... |

Fuente: Datos básicos: Organización Mundial de la Salud: "Potential expansion for health programmes in the Americas through the Pan American Sanitary Organization", Washington, D.C. 1962 y misiones CEPAL/DOAT/OMM. Salvo en el caso de Bolivia (1960), Chile (1959), Colombia (1960) y Venezuela (1960) las cifras de las cuatro primeras sólo llegan a 1956 y las de la última a 1958.

a/ Ciudades de 2.000 habitantes o más.

b/ Excluyendo Uruguay.

/Cuadro 22

Cuadro 22

BOLIVIA: SITUACION ACTUAL DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LAS CIUDADES DE MAS DE 2 000 HABITANTES Y AMPLIACIONES PREVISTAS HASTA 1971

| Ciudad | Población estimada en 1961 (miles) | Porcentaje de la población servida | | Dotación (l/d/h) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1961 | 1971 | 1961 | 1971 |
| La Paz | 450 | 55 | 100 | 151 | 280 |
| Cochabamba | 114 | 60 | 100 | 101 | 330 |
| Oruro | 88 | 49 | 100 | 40 | 240 |
| Potosí | 64 | 60 | 100 | 50 | 280 |
| Santa Cruz | 60 | ... | 100 | ... | 180 |
| Sucre | 57.5 | 52 | 100 | 42 | 170 |
| Tarija | 23.5 | 54 | 100 | 200 | 200 |
| Trinidad | 14.7 | ... | 100 | 70 | ... |
| Cobija | 2.3 | ... | 100 | ... | 100 |
| Otras ciudades | 260 | ... | 100 | ... | 100 |
| Total | 1 134 | ... | 100 | ... | 225 |

Fuente: "Plan de Desarrollo Económico y Social, 1962-71".

/Sin hacer

Sin hacer distinción del empleo específico del agua potable, la demanda diaria promedio por habitante - que varía considerablemente según el clima, la concentración industrial en las ciudades, los parques y jardines, los hábitos de la población, etc. -, podría ser del orden de los 200 a 250 litros para satisfacer las necesidades corrientes de la población, siempre que las pérdidas de distribución se mantengan en límites razonables. En cambio, considerando la situación de las 7 ciudades más importantes que cuenten con servicios públicos, la dotación actual es sólo del orden de 115 litros diarios por habitante, y si se toma el total de la población urbana el promedio baja a 85 litros/día/h. Eso significa teóricamente que - en volumen - quedan por satisfacer alrededor de la mitad de las necesidades de los principales centros urbanos del país. Lamentablemente, la realidad es peor todavía, porque las elevadas pérdidas de distribución reducen más aún las disponibilidades efectivas de agua para los usos indispensables. Por ejemplo, en Cochabamba, a base de aforos realizados recientemente en un tramo importante de la red, se concluyó que sus fugas sobrepasan el 35 por ciento del caudal suministrado y que otro 25 por ciento se malgasta en piletas públicas y otros conductos que escurren continuamente.[1/] En La Paz se estima que las pérdidas totales en la red se aproximan al 40 por ciento.

Existen enérgicos racionamientos prácticamente en todos los sistemas en los meses de estiaje. Así, en La Paz se corta el servicio unas 6 horas todas las noches durante 8 meses al año (abril a noviembre). En Cochabamba, Oruro y Sucre la situación se ha tornado extremadamente crítica en esos mismos meses.

En cuanto a su calidad, el agua suministrada deja mucho que desear. Una de sus fuentes de abastecimiento en La Paz está altamente contaminada por los residuos químicos de una mina, circunstancia que ha provocado una gran corrosión en la red de distribución.

La ausencia de plantas de tratamiento en varios servicios y la sobrecarga con que operan los que existen en otros, determinan que con frecuencia

---

1/ Corporación Boliviana de Fomento (La Paz 1961) - Montreal Engineering Company Limited Abastecimiento de Energía Eléctrica para la Región de Cochabamba.

/se excedan

se excedan los límites normalmente admitidos en ingeniería sanitaria para determinadas condiciones del agua potable: índice coli, turbiedad, pH, etc.

Con relación a los servicios de alcantarillados, se estima que actualmente sólo un 43 por ciento de las áreas urbanizadas en las capitales de departamentos posee redes públicas para la eliminación de las aguas servidas, con un porcentaje muy similar de población atendida con relación a la total de dichas ciudades. (Véase el cuadro 23.)

## II. NECESIDADES FUTURAS

Se espera que la demanda de agua potable siga aumentando rápidamente en función del crecimiento total de la población, que se prevé que lo hará con una tasa de 2.5 por ciento anual en los próximos 10 a 15 años. Por otra parte, en igual período se estima que la población urbana crecerá a un ritmo de 3.6 a 3.8 por ciento anual. Además, fuera del factor demográfico, se incrementará la demanda por habitante imputable en términos generales a un aumento de los ingresos y a su mejor distribución, con la consiguiente elevación del nivel de vida.

Las autoridades bolivianas consideran que hasta 1971 la dotación media por habitante urbano se elevará, de los bajos niveles actuales, a unos 225 litros por día y por habitante. Este promedio esconde diferencias considerables en las distintas ciudades, como puede apreciarse por los dos valores extremos que se indican: la dotación considerada en Cochabamba se eleva a 330 l/d/h en tanto que la de Cobija llega sólo a 100 l/d/h.[2/]

Se ha fijado como meta bastante ambiciosa de acción en este campo en la próxima década, el suministro de servicios públicos al 100 por ciento de la población urbana, mejorando la calidad y aumentando las dotaciones actuales. (Véase de nuevo el cuadro 23.)

Conviene recordar que la Carta de Punta del Este recomendó a los países que la suscribieron, la instalación en los próximos 10 años de sistemas adecuados de abastecimiento de agua, alcantarillado y eliminación de desechos al menos para el 70 por ciento de la población urbana y el 50 por ciento de la población rural, y encareció la movilización de todas las posibles fuentes de fondos nacionales para lograr ese fin.

---

2/ Véase Junta Nacional de Planeamiento, Plan de Desarrollo Económico y Social 1962-1971 (La Paz, septiembre de 1961).

/Cuadro 23

Cuadro 23

BOLIVIA: SITUACION ACTUAL DE LOS SERVICIOS DE ALCANTARILLADO Y AMPLIACIONES PREVISTAS HASTA 1971

| Ciudad | Red necesaria en 1961 (miles de metros) | Red actual | | Ampliaciones previstas | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Miles de metros | Porciento de la red necesaria | Miles de metros | Costo estimado (miles de dólares) |
| La Paz | 250 | 120 | 48 | 127.3 | 1 480 |
| Cochabamba | 160 | 97 | 61 | 75.0 | 875 |
| Oruro | 75 | 30 | 40 | 40.7 | 362 |
| Potosí | 56 | 28 | 50 | 28.5 | 254 |
| Santa Cruz | 75 | ... | ... | 55.0 | 706 |
| Sucre | 37 | 18 | 49 | 18.9 | 168 |
| Tarija | 50 | 20 | 40 | 27.1 | 241 |
| Trinidad | 17 | ... | ... | 12.0 | 128 |
| Cobija | 4 | ... | ... | 3.0 | 34 |
| Total | 724 | 313 | 43 | 387.5 | 4 248 |

Fuente: "Plan de Desarrollo Económico y Social, 1962-71".

/En la

En la hipótesis de que la población urbana llegue en 1971 a algo más de 1.6 millones de habitantes y que la dotación media de agua potable alcance la cantidad antes señalada, el suministro correspondiente se elevaría ese año a 130 millones de metros$^3$ en comparación con los 35 millones a que llega en la actualidad. Por consiguiente, sería preciso cuadruplicar - en cifras redondas - el volumen de agua ahora suministrado para satisfacer la demanda prevista. Se calcula que la extensión de las redes deberá duplicarse con creces: de aproximadamente 370 000 metros de desarrollo que tienen actualmente, a algo más de 800 000 metros.

## III. INVERSIONES REQUERIDAS

Los estudios correspondientes estiman que el total de las inversiones necesarias asciende a unos 13.5 millones de dólares, lo que da en promedio 13.5 dólares por persona. Esta cifra parece baja si se consideran los siguientes antecedentes:

a) La División de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud Pública en información directa señaló que el costo promedio de nuevas construcciones de agua potable en las ciudades del altiplano y valles asciende a unos 25 dólares por habitante, y a más de 50 dólares en los llanos orientales;[3/]

b) En un proyecto que ha preparado la Alcaldía de Cochabamba para abastecer las necesidades de esa ciudad hasta 1980, se calcula que la inversión necesaria para una dotación de 250 l/d/h será de aproximadamente 30 dólares por habitante, desglosando los gastos directamente imputables a la central hidroeléctrica anexa;

c) Las cifras anteriores son comparables con las correspondientes de otros países de América Latina: Colombia, 28 dólares para dotaciones que varían entre 150 y 250 l/d/h; el Ecuador, entre 23 y 30 dólares para dotaciones que varían entre 200 y 250 l/d/h; Chile (zona central del país) 40 dólares para 350 l/d/h; y Venezuela, 100 dólares para dotaciones entre 200 y 400 l/d/h.[4/] En Estados Unidos esperan gastar de 250 a 300 dólares por habitante urbano en los próximos años, pero con dotaciones tres veces superiores a las de Bolivia y con fuentes de abastecimiento más alejadas y costosas.

---

3/ Estos valores se confirman en Organización Panamericana de la Salud Tarifas de Agua, Washington, septiembre de 1961, pág. 50.

4/ Véase Los Recursos Hidráulicos de América Latina I. Chile (E/CN.12/501) Publicación de las Naciones Unidas, N° de venta: 60.II.G.4; II. Venezuela (E/CN.12/593), op. cit. y III. Colombia (en preparación).

/Si en

Si en lugar de 13.5 dólares en promedio por nuevo habitante servido, se consideraran 25, pero solamente se proveyera el servicio al 90 por ciento de la población urbana, la inversión total ascendería a un equivalente de 21 millones de dólares, de los cuales la tercera parte por lo menos sería en moneda extranjera. Los programas prevén que del total, el 60 por ciento se invertiría en los primeros 5 años.

En las ciudades de Cochabamba, Potosí, Sucre y Tarija existen posibilidades de captar caudales adicionales mediante la ampliación y mejoramiento de los sistemas existentes, y ya hay proyectos destinados a ello.

En Santa Cruz el proyecto del servicio público tiene como fuente el agua subterránea. Se consultan un conjunto de pozos de unos 50 metros de profundidad. El nivel estático fluctúa alrededor de los 12 m de profundidad descendiendo el dinámico a unos 35 m. En Oruro se considera un nuevo proyecto posiblemente con captación del río Desaguadero. En La Paz de completará el sistema de Hampaturi. En Cochabamba deberán mejorarse el embalse de Escalerani (Chapisirca) y la captación subterránea de Arocagua. También parecen prometedoras en esta ciudad las posibilidades de aumentar el suministro a base de otras captaciones de agua subterránea.

En Sucre se estudiará más detenidamente la conveniencia de los proyectos de Ravelo y San Juan.

Prácticamente en todos los sistemas pueden mejorarse en forma apreciable las condiciones del suministro de agua, reduciendo tanto las pérdidas en los acueductos principales y redes de distribución, como el despilfarro por parte de algunos consumidores privados y públicos.

Conviene hacer notar que en los últimos años más del 20 por ciento de los pozos perforados por el Servicio de Agua Subterránea de la Corporación Boliviana de Fomento tienen por objeto el abastecimiento de agua potable, ya sea por cuenta de la municipalidad o de establecimientos de beneficencia.

En relación con los servicios públicos de alcantarillado, las metas propuestas son relativamente modestas según se expresa en el Plan de Desarrollo Económico y Social 1962-71. Se pretende cubrir en los próximos 10 años un tercio del déficit actual - estimado en longitud - de las redes de las capitales de departamentos más las necesidades correspondientes al crecimiento de la población de esas ciudades en el período señalado.

/Como se

Como se ve en el cuadro 23 el costo de las inversiones necesarias alcanza a un equivalente aproximado de 4.25 millones de dólares, previéndose que el 49 por ciento debe efectuarse en el quinquenio 1962-66. Prácticamente el total corresponde a gastos en moneda local.

## IV. ASPECTOS INSTITUCIONALES Y DE FINANCIAMIENTO

Existe una gran descentralización y falta de coordinación en el desarrollo de los servicios de agua potable y alcantarillado en todo el país. En las capitales de departamento, las municipalidades respectivas y, en algunos casos, las prefecturas se ocupan de esos servicios en todos sus aspectos. Se han organizado a veces "Comités Impulsores de Obras Públicas" como una forma de ampliar los recursos financieros para estudios y ejecución de determinados proyectos. El Ministerio de Obras Públicas, a través de la Dirección General ee Hidráulica y Electricidad, asesora, proyecta y construye obras de servicio público para los centros urbanos provinciales que lo solicitan. Por otra parte, la Oficina de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud Pública - que antes dependía del Servicio Cooperativo Interamericano de Salud -, proyecta y construye también pequeños servicios para centros urbanos muy apartados.

Como se ve, hay una gran dispersión de los pequeños recursos, humanos y materiales, de que se dispone en esta materia. Por fortuna, existe ya un proyecto para la creación de un organismo nacional autónomo cuya función principal sería planear, proyectar, supervisar aspectos técnicos y, eventualmente, construir y administrar los servicios de agua potable y alcantarillado en todo el país. Se denominaría Junta Autónoma Nacional de Aguas Potables y Alcantarillado. Su directorio estaría compuesto por representantes de los ministerios de Salud Pública y Obras Públicas, la Junta Nacional de Planeamiento, el Banco Central y la Sociedad de Ingenieros de Bolivia. La creación de un organismo de este tipo es altamente recomendable y sus actividades deberían coordinarse con las de los otros organismos interesados en el aprovechamiento del agua, por el Centro de Coordinación de Recursos Hidráulicos de la Junta Nacional de Planeamiento.

Solamente unos cuantos consumidores de agua potable en toda Bolivia tienen medidores instalados. En general el pago del servicio se realiza en función del diámetro de la conexión a la red pública, y del avalúo catastral del inmueble abastecido. Tal es el caso del consumo doméstico en La Paz.

/Como ejemplo,

Como ejemplo, conviene examinar algunos aspectos económico-financieros de este sistema, que es el mayor del país. Una casa habitación debía pagar al año (1961), según tarifas: con conexión de 1/2 pulgada, alrededor del 6 por mil del valor catastral, con un mínimo equivalente a 6 dólares y con conexión de 3/4 pulgadas aproximadamente, el 1 por mil, con un mínimo de unos 11 dólares. Debe señalarse aquí que el avalúo catastral es muy inferior al valor real de las propiedades.

En el caso de servicios "comerciales" e "industriales", se hacía distinción entre los que usan el agua como "materia prima" de sus actividades y las que no la usan en ese concepto. Las tarifas en el primer caso eran: con 1/2 pulgada de arranque un equivalente a 15 dólares al año, y con 3/4 pulgada, un equivalente de 34 dólares; para el segundo caso iban en la práctica desde unos 38 dólares (1/2 pulgada) hasta 2 300 dólares (2 1/2 pulgadas).

La realidad es que estas tarifas no se cumplían o sólo se hacían efectivas en pocos casos. En efecto, los egresos por operación y mantenimiento del sistema se elevaron en 1960 a un equivalente de 383 000 dólares, mientras que los ingresos por servicio de agua alcanzaron sólo a un equivalente de 58 200 dólares. Estimando que sólo existieran unas 15 000 "conexiones", el promedio pagado fue inferior a 4 dólares por conexión. El saldo debió ser cubierto por el presupuesto general de la municipalidad. Incluyendo los gastos de depreciación de las instalaciones, los costos anuales del servicio - sin rédito al capital invertido - probablemente se elevaban a unos 600 000 dólares. En consecuencia, el costo promedio por metro$^3$ entregado a la red sería del orden de 3 centavos de dólar.

En el cuadro 24, que presenta los costos de operación e ingreso anual por habitante en un grupo de ciudades importantes de América Latina, llama la atención lo que atañe a La Paz que, en tanto el costo de operación y mantenimiento tiene un valor comparable al de otros sistemas, el ingreso directo por consumo de agua es el menor de todos, con una cantidad excepcionalmente baja. Obsérvense las cifras de la relación establecida en la tercera columna.

La ausencia de un control estricto sobre la magnitud del consumo para cada usuario, y el criterio imperante en ciertos círculos bolivianos de que el financiamiento de servicios públicos como el agua potable y el alcantarillad

/Cuadro 24

Cuadro 24

AMERICA LATINA: COSTO E INGRESO ANUAL PER CAPITA DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE DE ALGUNAS CIUDADES IMPORTANTES, 1959-60

(Dólares)

| Ciudad | Costo de operación y mantenimiento a/ | Ingreso anual por consumo de agua | Relación (2)/(1) |
|---|---|---|---|
| | (1) | (2) | (3) |
| La Paz | 1.76 | 0.27 | 0.15 |
| Sao Paulo | 1.33 | 0.82 | 0.62 |
| Bogotá | 1.72 | 1.86 | 1.08 |
| San José | 1.60 | 1.06 | 0.66 |
| Santiago | 1.39 | 3.43 | 2.47 |
| Guayaquil | 3.14 | 2.48 | 0.79 |
| Guatemala | 1.38 | 2.24 | 1.74 |
| Tegucigalpa | 2.98 | 4.98 | 1.67 |
| Managua | 4.90 | 5.44 | 1.11 |
| Panamá | 4.07 | 4.53 | 1.11 |
| Asunción | 3.60 | 7.80 | 2.16 |
| Lima | 0.98 | 0.88 | 0.90 |
| Caracas | 12.62 | 8.09 | 0.64 |

Fuente: Organización Panamericana de la Salud "Tarifas de agua" - Washington, septiembre 1961.

a/ Gastos directos de explotación. A estos deberán agregarse los de depreciación e impuestos (si los hubiere) para obtener los "gastos de explotación", excluído el costo o interés del capital invertido.

/no debe

no debe basarse fundamentalmente en los recursos provenientes de sus propias tarifas, son en la práctica las causas principales de su insuficiencia y de las condiciones poco satisfactorias en que operan en la actualidad.[5/]

Se reconoce ya en forma amplia - al menos en los países occidentales - que el uso de medidores no sólo es el sistema más aconsejable y adecuado para el establecimiento de bases equitativas de tarifas de agua, sino que contribuye además muy eficazmente a evitar el desperdicio. Las instalaciones de medidores en algunas comunidades de Estados Unidos han reducido el consumo de agua hasta en un 40 por ciento.

Teniendo en cuenta para el país el reducido consumo de los sectores de menor ingreso y el costo de los aparatos, convendría implantarlos paulatinamente, comenzando por los consumidores de tipo "industrial" y "comercial", para proseguir luego con los "domésticos" de mayor avalúo catastral. Para el resto podrían buscarse soluciones especiales, como, por ejemplo, que la adquisición e instalación de medidores las realice el organismo que presta el servicio y sólo eventualmente se traspasen a los usuarios mediante pagos reducidos a largo plazo. Tal vez convendría fijar ese plazo en razón inversa al avalúo del inmueble correspondiente.

De una lista de 44 ciudades de 18 países latinoamericanos que enviaron informaciones al Seminario sobre Tarifas de Agua patrocinado por la Organización Panamericana de la Salud (OPS),[6/] en 35 de ellas se realiza el pago de los servicios a base de medidores.

---

5/ Obsérvese que una familia compuesta por 5 personas y que use el agua exclusivamente con fines de higiene consumirá unos 15 m3 de agua al mes. El costo correspondiente sería del orden de medio dólar, es decir, como de 1 a 2 por ciento de los ingresos familiares más bajos en la ciudad de La Paz.

6/ Véase OPS, Seminario sobre Tarifas de Agua, Montevideo, Uruguay, octubre de 1960.

/V. RECOMENDACIONES

## V. RECOMENDACIONES

De la exposición anterior se desprenden las siguientes recomendaciones principales:

a) La creación de un organismo nacional poderoso, económica y técnicamente, que se ocupe en todo el país de promover el desarrollo de los servicios públicos de agua potable y alcantarillado. Los planes de este organismo deberían integrarse en la Junta Nacional de Planeamiento con otros programas de aprovechamiento del agua, como parte de un Plan Nacional de Desarrollo de los Recursos Hidráulicos de Bolivia;

b) Encarar enérgicamente el problema de las pérdidas de agua en acueductos y redes de distribución y su desperdicio por parte de los consumidores, como la forma más racional e inmediata para mejorar el abastecimiento de las necesidades primordiales de la población;

c) El financiamiento de los servicios públicos de agua potable y alcantarillado debe basarse principalmente en la retribución que paguen los usuarios a través de tarifas, y los precios beneficiados a través de impuestos o tributos específicos. Para establecer el valor de estas retribuciones deberán tenerse en cuenta, además de los gastos de operación y mantenimiento, los relativos a interés del capital invertido en el sistema, depreciación de las instalaciones, necesidades de ampliación, etc. En los pliegos de tarifas sería conveniente distinguir diversos precios unitarios, en función del uso y la magnitud del consumo, contemplando uno especial - aún inferior al costo promedio - destinado exclusivamente al servicio doméstico de pequeña magnitud;

d) Revisar los costos de inversión por habitante (aparentemente bajos) y las metas de abastecimiento urbano de agua potable (elevadas) para la década 1961-71. Un examen de la magnitud de necesidades para abastecer a domicilio a más del 92 ó 95 por ciento de la población urbana mostrará, seguramente, que la inversión unitaria adicional para servir al saldo de ellos (8 ó 5 por ciento) distribuidos irregularmente en la periferia de cada ciudad - dentro de los radios urbanos respectivos - es tan elevada, que resulta más aconsejable usar esos recursos en otros objetivos del mismo sector.

/Capítulo III

## Capítulo III

# UTILIZACION DEL AGUA EN LA INDUSTRIA Y LA MINERIA

En Bolivia no hay estadísticas sobre los consumos de agua por parte de la industria y la minería. No obstante, puede estimarse que una parte apreciable de esa demanda se concentra en unos pocos establecimientos dedicados a esas actividades.

El volumen total de la producción minera ha oscilado en la última década dentro de un margen de más o menos 20 por ciento, si bien en el último trienio tendió a bajar. Algo similar ocurrió con las industrias manufactureras. (Véase el cuadro 25.) Pese al descenso de la producción, la demanda de agua en la minería ha seguido creciendo debido a los mayores volúmenes de minerales que se deben explotar y tratar para obtener una tonelada de estaño fino. Se calcula que en 1960 en las minas de COMIBOL era necesario explotar un 40 por ciento más de minerales que en 1950 para obtener la misma cantidad de estaño fino. Las necesidades de agua en las industrias parecen haberse mantenido en la última década.

Con el fin solamente de determinar el orden de magnitud del volumen anual empleado, se procedió a realizar una estimación de base de determinados rubros industriales que requieren mayor cantidad de agua, relacionando su producción con el consumo de los similares en otros países. Así se procedió en las industrias manufactureras de azúcar, textiles, panificadora, cemento, bebidas, jabón, cueros y cartones. Se procedió en igual forma para calcular las necesidades de agua en la generación termoeléctrica y en la producción y refinación del petróleo. Con relación a las minas, se extrapolaron los resultados obtenidos para el conjunto de los centros de Catavi, Huanuni, Colquiri y San José, que constituyen una muestra representativa de la minería del estaño en el grupo de COMIBOL. Es probable que estas estimaciones contengan un gran margen de error, pero era la única forma de proceder con la escueta información que se contó.

Las metas de exportación de minerales, previstas en el Plan de Desarrollo Económico y Social 1962-71 consideran incrementos del valor neto de un 78 y 125 por ciento, respectivamente, en los períodos 1960-66 y 1960-71. Con

/Cuadro 25

Cuadro 25

BOLIVIA: VALOR AGREGADO POR LA MINERIA Y LA INDUSTRIA MANUFACTURERA EN RELACION CON EL PRODUCTO BRUTO INTERNO, 1950-59

(Millones de dólares de 1958)

| Año | Valor agregado | | Producto bruto interno | Proporción del producto bruto interno (porcientos) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Minería | Industria manufacturera | | Minería | Industria manufacturera |
| 1950 | 54.6 | 48.0 | 355.9 | 15.4 | 13.5 |
| 1952 | 60.4 | 49.0 | 387.8 | 15.6 | 12.7 |
| 1954 | 55.2 | 54.9 | 346.2 | 15.9 | 15.8 |
| 1956 | 59.2 | 51.4 | 354.8 | 16.7 | 14.5 |
| 1958 | 46.9 | 39.5 | 351.2 | 13.4 | 11.2 |
| 1959 | 50.8 | 42.0 | 370.6 | 13.7 | 11.3 |

Cuadro 26

BOLIVIA: ESTIMACION DEL CONSUMO DE AGUA EN ALGUNAS ACTIVIDADES INDUSTRIALES Y MINERAS

(Millones de m3)

| Sector industrial | 1959 | 1971 |
|---|---|---|
| Industria manufactureras | 4 | 7 |
| Producción y refinación del petróleo | 20 | 40 |
| Generación termoeléctrica | 2 | 2 |
| Minería de estaño | 11 | 30 |
| Total | 37 | 79 |

/relación a

relación a la industria manufacturera el mismo Plan considera aumentos de un 41 y 175 por ciento en los lapsos 1958-66 y 1958-71, respectivamente. En la forma señalada se obtuvieron las cifras que figuran en el cuadro 26.

Este conjunto de actividades consume actualmente al año un volumen similar al de los servicios públicos de agua potable, pero en 1971, no obstante que duplicará sus necesidades, representará menos del 60 por ciento de las correspondientes a aquéllos, según las metas señaladas por el Plan de Desarrollo. Debe tenerse presente que una parte del consumo de las industrias manufactureras se abastece en la actualidad - y lo hará también en el futuro - de los servicios públicos de agua potable, tal vez del orden del 30 por ciento, existiendo por tanto en las cifras presentadas una pequeña duplicación que carece de importancia a los fines aquí señalados.

Las exigencias en relación con la calidad del agua varían apreciablemente según los usos a que se destine. En las minas basta generalmente someter el agua a procesos de sedimentación para utilizarla varias veces en el beneficio de minas (Catavi, Colquiri, Huanuni, etc.). La que se emplea en las industrias alimenticias debe ser enteramente potable y estar exenta de bacterias, sustancias tóxicas y turbiedad. La ausencia de materias en suspensión, turbiedad y color son condiciones importantes para el agua empleada en las industrias textiles, a las que se agregan ciertas limitaciones sobre la dureza, el contenido de manganeso y hierro.

En las centrales diesel eléctricas de determinadas minas y de algunas ciudades bolivianas se han experimentado graves dificultades relacionadas con el uso de agua inapropiada para la refrigeración. Aguas duras, o que contenían materias en suspensión, disminuyeron la eficacia de ese proceso, provocando en algunos casos por recalentamiento en los cilindros de los motores graves y costosos accidentes. Las exigencias son mucho mayores con el agua alimentadora de calderas de las centrales termoeléctricas, porque los problemas de corrosión y formación de incrustaciones aumenta con la presión y la temperatura, que a su vez se procura elevar por razones de mejoría de los rendimientos térmicos (Guaviré, refinería de petróleo de Valle Hermoso, etc.). En la actualidad se han adoptado en las centrales de Cochabamba y Sucre estanques de pulverización y torres de enfriamiento que permiten grandes economías de agua por recirculación y, por lo tanto, el empleo de mejores calidades para obviar los inconvenientes antes citados.

/En los

En los últimos 5 años varias actividades de la producción han recurrido al agua subterránea para abastecer las necesidades de sus establecimientos. Entre ellas se cuentan los ingenios azucareros, la planta de leche en Cochabamba, las refinerías de petróleo, etc. Por lo general el organismo encargado de perforar los pozos correspondientes ha sido el "Servicio de Agua Subterránea de la Corporación Boliviana de Fomento".

A base de los antecedentes expuestos puede estimarse que las inversiones que deberá realizar el país en el período 1960-71, para satisfacer las mayores necesidades de agua en la minería, la producción y la refinación del petróleo, la generación termoeléctrica y las industrias manufactureras - al margen de los servicios públicos de agua potable -, será del orden de los 6 a 8 millones de dólares.

/Capítulo IV

# Capítulo IV

# R I E G O

## I. NECESIDAD DE INCREMENTAR LA PRODUCCION AGROPECUARIA

Aparte de las metas señaladas por el Plan General de Desarrollo, la necesidad de incrementar con energía la producción agropecuaria se pone claramente de manifiesto si se tiene en cuenta que el índice de esa producción por habitante ha bajado en los últimos años. Desde un índice de 100 en el período 1950-51, descendió a 79 en 1955 y a 78 en 1957. Posteriormente parece recuperarse, habiendo registrado 90 en 1959. (Véase el cuadro 27.)

Asimismo debe tenerse presente que en la última década entre un 20 y un 40 por ciento de las importaciones totales del país correspondieron a productos que el país puede producir: trigo, harina de trigo, azúcar, manteca, arroz, leche, algodón, lana, etc. (Véase el cuadro 28.)

Además, la disponibilidad de alimentos por habitante ha declinado considerablemente, desde 1950. En efecto, al descenso señalado en la producción interna, se agrega la baja en las importaciones pertinentes, no obstante el crecimiento demográfico. Se estima que en 1958, la dieta media por habitante proporcionaba en materia de calorías el 70 por ciento, y en materia de proteínas el 85 por ciento de las cantidades mínimas indispensables.

La tendencia anotada en las importaciones está estrechamente ligada con la menor capacidad para importar del país debido al deterioro de sus exportaciones: de un máximo de 151 millones de dólares en 1951, bajaron a 102 millones en 1955, a 78 millones en 1959 y a 68 millones en 1960.[1/]

## II. LA ACTIVIDAD AGRICOLA Y SUS PRINCIPALES PROBLEMAS

Para evaluar la importancia y las posibilidades del riego en Bolivia es necesario resumir previamente, aunque no sea más que a grandes rasgos, las características más señaladas de la actividad agrícola y sus principales problemas.

---

1/ Véase Ministerio de Hacienda y Estadísticas, Boletín Estadístico (1960).

/Cuadro 27

Cuadro 27

BOLIVIA: CONTRIBUCION DEL SECTOR AGROPECUARIO AL PRODUCTO BRUTO INTERNO, 1950-59

(Dólares de 1958)

| Año | Total producto agropecuario (millones) | Producto agropecuario per cápita | Participación en el producto bruto interno (porciento) |
|---|---|---|---|
| 1950 | 118.1 | 39.2 | 33.2 |
| 1952 | 113.1 | 36.1 | 29.2 |
| 1954 | 101.7 | 31.3 | 29.4 |
| 1955 | 107.6 | 32.4 | 29.0 |
| 1956 | 104.2 | 30.7 | 29.4 |
| 1957 | 110.7 | 31.9 | 32.2 |
| 1958 | 121.5 | 34.3 | 34.6 |
| 1959 | 132.6 | 36.5 | 35.5 |

Fuente: Datos del Plan de Desarrollo Económico y Social 1962-71 (Junta Nacional de Planeamiento).

Cuadro 28

BOLIVIA: PARTICIPACION DE LAS IMPORTACIONES AGROPECUARIAS EN LAS IMPORTACIONES TOTALES

(Millones de dólares y porcientos)

| Año | Importaciones | | Relación (1)/(2)(en porciento) |
|---|---|---|---|
| | De origen agropecuario | Totales | |
| | (1) | (2) | (3) |
| Promedio 1950-54 | 26.41 | 73.57 | 38.7 |
| 1956 | 25.25 | 84.06 | 30.0 |
| 1957 | 28.76 | 92.25 | 31.2 |
| 1958 | 16.51 | 79.59 | 20.8 |
| 1959 | 16.32 | 64.99 | 25.2 |

Fuente: Datos del Boletín Estadístico del Ministerio de Hacienda y Estadística.

/1. Suelo

## 1. Suelo y clima

En el altiplano existe una apreciable variedad de suelos llanos, aunque en su mayoría son bastante pobres por carecer especialmente de fósforo y nitrógeno. La falta de materia orgánica en la superficie sería uno de los factores limitantes de la producción. En las pampas predominan las margas arcillosas y arenosas de reacción neutra o ligeramente alcalina. Hacia el sur se extienden los salares, suelos salinos y depósitos de arena inadecuados todos para labores agropecuarias.

La erosión se encuentra muy generalizada porque a la acción natural de los fenómenos meteorológicos vienen a sumarse algunas prácticas campesinas, singularmente perniciosas: sobrepastoreo, cultivo en las laderas de las montañas, trazado de surcos con fuertes pendientes, falta de rotación en los cultivos, etc.

El clima en esa región es semiseco y frío con una precipitación pluvial reducida y un período muy seco en la estación fría (mayo a septiembre). La temperatura media es baja y las heladas son frecuentes en invierno, habiéndose registrado temperaturas de 10 grados bajo cero en determinadas zonas de la región meridional (julio-agosto). En las inmediaciones de los lagos Titicaca y Poopó, el peligro de las heladas es muchísimo menor merced a la influencia temperante de esas grandes masas de agua.

Un estudio de las Naciones Unidas y la FAO 2/ señala que un factor muy importante a considerar es la frecuencia con que se presentan las heladas en enero. Aunque ocurran sólo durante una o dos noches, bastan para dañar los cultivos de grano, que en esa época se encuentran en plena floración.

Los fuertes vientos y las granizadas constituyen otras amenazas para los cultivos en muchas zonas.

En los valles y yungas predomina una topografía muy irregular. En los primeros, los suelos - en general profundos y con buen drenaje - son principalmente de aluvión procedente de las rocas sedimentarias que los rodean. Las superficies planas son muy reducidas. Las tierras altas que los circundan tienen poco espesor, son erosionadas y pedregosas, y resultan

---

2/ Véase H.G. Dion, La agricultura en el altiplano de Bolivia.

/de escaso

de escaso valor para la agricultura. El clima semiseco templado de tipo mediterráneo también tiene un período muy seco entre abril y septiembre. Especialmente importante es el valle de Cochabamba, que sólo dispone de unas 45 000 hectáreas de suelos agrícolas con una superficie total de 70 000.[3/] En los segundos (los yungas) los suelos tienen una profundidad muy variable (de 0.30 a 1.50 metros), y ondulaciones singularmente abruptas y pedregosas. Las superficies planas son escasísimas, debiendo en general realizarse los cultivos en terrazas. Las temperaturas y lluvias son superiores a las de los valles.

En las extensas llanuras del norte y oriente del país, en contraste con los valles y los yungas, las tierras tienen pendientes suaves, excepción hecha de unas cuantas montañas situadas en la región que se extiende entre el río Grande y la frontera con Brasil. Los suelos son principalmente depósitos de aluvión procedentes de diversas rocas, generalmente areniscas. En la región del Chaco hay grandes extensiones de margas arenosas de reacción básica (calcáreos). En la región de Santa Cruz (río Piray) los suelos tienen una contextura más fina - margas arcillosas - con algunos bosques espesos. A profundidades de 20 a 90 centímetros es menos orgánico y generalmente calcáreo, Hacia el este, la acción de los vientos ha transportado la arena formando la topografía tan característica de las dunas. El clima subtropical[4/] tiene una época menos lluviosa en invierno.

Al este del río Grande hay suelos de características diversas. Se encuentran algunos depósitos lateríticos de escasa fertilidad, y otros, más recientes, de reacción entre neutra y ligeramente ácida, profundos, que se adaptan a gran variedad de cultivos. El clima es similar al antes indicado.

Al norte, en las grandes llanuras del Beni y Mamoré, los suelos son de aluvión de muy diverso origen. La mayoría dan una reacción ácida, con excepción de los depósitos más recientes, que se presentan profundos, pero

---

3/ Estas cifras incluyen el Valle Central, el Valle Alto (Arani, Punata, Cliza y Tarata) y el Valle de Sacala.

4/ Temperatura media anual de 23 a 24 grados centígrados, y con precipitaciones que oscilan entre 800 y 1 300 milímetros al año.

/con drenaje

con drenaje muy deficiente por las reducidísimas pendientes disponibles. Lamentablemente las tierras de 3 a 7 metros por encima de las llanuras inundables no son tan fértiles. Las precipitaciones pluviales son elevadas.

2. Irregular distribución de la población agrícola

En el cuadro 29 se presenta una distribución aproximada de la tierra cultivada y la población agrícola y ganadera por departamentos. Es prácticamente imposible estimar la población que sólo se dedica al cultivo de la tierra. En los llanos hay mucha población que se ocupa de la cría del ganado bovino, de la recolección de castañas y almendras silvestres, de la extracción de caucho, de la pesca, etc., mientras que en el altiplano un elevado número se dedica a la crianza del ganado ovino, bovino, caprino y auquénido, en pastos naturales. Por otra parte, en los departamentos de Cochabamba y Chuquisaca hay población urbana que realiza tareas agrícolas, circunstancia que se presenta en menor grado en los departamentos del Beni y Santa Cruz. Por todas estas razones, la relación entre superficie cultivada y la población agrícola y ganadera tiene muy poca significación.

El altiplano, con su potencial agrícola limitado, es la región en que se cultiva la mayor superficie de tierra: 49 por ciento del total aproximadamente. Los valles y yungas, también con un potencial bastante reducido, participan en forma muy apreciable (40 por ciento) en la superficie agrícola, en tanto que los extensos llanos - que son los que en apariencia tienen mayores posibilidades agrícolas - sólo lo hacen en forma muy modesta (11 por ciento).

Es probable que en los 10 años últimos esta proporción haya variado algo, pues en tanto que en la región de Santa Cruz se han incorporado a las labores agrícolas algunos miles de hectáreas - quizá cerca de 15 000 -, en el altiplano y los valles el área cultivada parece haberse mantenido, o tal vez reducido levemente. La distribución de la población en 1960 puede considerarse así: altiplano: 51 por ciento; valles y yungas: 35 por ciento; y llanos, 14 por ciento. La población rural alcanza en el altiplano al 70 por ciento (1.3 millones de habitantes), mientras que en los valles y llanos llega al 80 por ciento (0.9 millones y 0.4 millones de habitantes respectivamente).

/Cuadro 29

Cuadro 29

BOLIVIA: ESTIMACION DE LA TIERRA CULTIVA Y POBLACION AGRICOLA Y GANADERA POR DEPARTAMENTOS, 1960

| Departamento | Superficie cultivada (miles de hectáreas) | Porciento del total cultivado | Población agrícola ganadera | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Miles de habitantes | Porciento de la población del Departamento |
| Chuquisaca | 82.4 | 12.6 | 259 | 78 |
| La Paz | 188.1 | 28.8 | 645 | 54 |
| Cochabamba | 125.7 | 19.3 | 433 | 75 |
| Oruro | 22.8 | 3.5 | 161 | 59 |
| Potosí | 137.7 | 20.9 | 530 | 81 |
| Tarija | 25.9 | 4.0 | 119 | 79 |
| Santa Cruz | 75.0 a/ | 8.9 | 273 | 83 |
| Beni | 10.6 | 1.6 | 142 | 88 |
| Pando | 2.8 | 0.4 | 24 | 96 |
| Total del país | 671.0 | 100.0 | 2 586 | 70 |

Fuente: Estimaciones a base del censo de 1950 para superficie cultivada, y de la Junta Nacional de Planeamiento (1960) para la población.

a/ Se han sumado poco más de 15 mil hectáreas de nuevos terrenos cultivados.

/La concentración

La concentración de la población agrícola en el altiplano y en los valles es la causa original de la excesiva parcelación de la tierra en pequeñas unidades, que influye muy desfavorablemente en la economía de su explotación. Hay provincias - Jordán y Quillacollo en Cochabamba por ejemplo - que tienen cerca de 80 habitantes por $km^2$. Manco Capac en La Paz cuenta con más de 60 habitantes por $km^2$.

### 3. Los transportes

La compleja topografía de Bolivia, que en la zona intermedia entre el altiplano y los llanos concentra, por así decir, los grandes desniveles y las enormes irregularidades orográficas, ha sido siempre el mayor obstáculo al desarrollo de un adecuado sistema nacional de transportes. Son tan difíciles las comunicaciones terrestres entre el altiplano y los llanos, que la carne de vacuno y las maderas de construcción y ebanistería del noroeste se transportan en aviones a La Paz y Oruro, con los elevados fletes correspondientes. Por lo menos la mitad del país carece de medios adecuados de transporte terrestre y los que existen tienen en su gran mayoría características de trazado y construcción que redundan en transportes relativamente caros, lentos e inseguros.

Las tarifas de transporte en camión de Santa Cruz a La Paz varían entre 4 y 6 centavos de dólar por tonelada-kilómetro. Por ejemplo, el precio del maíz cruceño en La Paz resulta aproximadamente el triple del que tiene en Santa Cruz, y del mismo modo la sal de Uyuni puesta en Santa Cruz triplica su precio original.[5/] La distancia entre las ciudades citadas en primer lugar, que en línea recta es aproximadamente de 560 km, alcanza por camino a 950 km. Los camiones demoran en recorrerla, en época seca y con los caminos en buenas condiciones, más de 35 horas. El tramo de Oruro a Cochabamba (228 km) normalmente se interrumpe en época de lluvias, - lo mismo que el ferrocarril - y a veces por varias semanas. En los meses de enero a marzo el transporte de productos alimenticios desde Cochabamba a los centros mineros y ciudades del altiplano es muy eventual y está sujeto a dificultades.

5/ No se hacen comparaciones con las tarifas ferroviarias, porque su nivel está muy por debajo de los correspondientes costos, produciendo pérdidas para la administración estatal del orden de 2 millones de dólares al año. Hay, sin embargo, otras estimaciones que elevan tales pérdidas a 3.5 millones.

/4. Aspectos

## 4. Aspectos legales

Los atrasos en la entrega de títulos de propiedad inherentes a la reforma agraria por falta del personal técnico especializado, provocaron en diversas regiones la incautación de las tierras más productivas por parte de los campesinos. Algunas tierras son explotadas en reducida proporción, porque aquéllos no quieren (o no pueden) trabajarlas antes de poseer los respectivos títulos de propiedad. Después de la reforma en las zonas más densamente pobladas se ha agravado el problema del minifundio y en algunos casos se ha registrado acentuado malestar entre los campesinos.

La legislación de la reforma agraria en el régimen de aguas se limita en pocos artículos a:

a) Mantener el sistema de mitas o turnos de regadío en uso a tiempo de dictarse las disposiciones pertinentes;

b) Establecer como regla general que el agua que ingrese en una propiedad sea aprovechada en la cantidad que fuere necesaria sin que pueda obstaculizarse su uso agrícola; y

c) Prohibir la venta o comercialización de las aguas, debiendo las que resultaren sobrantes en una zona o propiedad pasar libremente a beneficiar otras que se hallen en condiciones de aprovecharlas.

## 5. Prácticas agrícolas

El uso de abonos comerciales y guano es muy limitado no obstante las deficiencias minerales y orgánicas que se anotan en las tierras del altiplano y los valles larga e ineficientemente trabajadas. En el altiplano los residuos vegetales de las cosechas, y con frecuencia el guano, se emplean como combustibles. El bajo ingreso de los campesinos, y su ignorancia sobre el uso cabal y los beneficios que les reportarían los abonos, han contribuido a que sean muy bajos los respectivos niveles de consumo.

La poca fertilidad de las tierras del altiplano así explotadas y su reducida humedad para cosechas sucesivas obliga a dejarlas en prolongados barbechos, que llegan en algunas zonas a varios años. En la provincia Dalence (Oruro) las tierras descansan en promedio dos años después de un año de cultivo.

/En general,

En general, en las labores agrícolas se usan elementos y procedimientos bastante primitivos, con elevado insumo de mano de obra. La irregularidad topográfica en los valles y yungas, y el reducido tamaño de las propiedades allí y en el altiplano, obstaculizan el empleo de equipos mecánicos.

Lentamente se van introduciendo variedades mejoradas de semillas de maíz, trigo, cebada, papas y algunos pastos que se adaptan mejor a las distintas condiciones del país. Sin embargo, muchas enfermedades e insectos infectan aún los cultivos, y su control es difícil por falta de conocimientos técnicos de parte de los campesinos, por los sistemas de comunicación lentos y difíciles, y por la ineficiencia en el suministro de pesticidas y desinfectantes.

### 6. El desarrollo de los llanos y la presión demográfica y alimenticia en el altiplano y los valles

Con la terminación de la carretera Cochabamba-Santa Cruz, y el incremento de las actividades agropecuarias al noroeste de esta última ciudad entre los ríos Grande y Yapacaní, se han sobreestimado en muchos círculos las posibilidades de esta zona como solución a corto plazo para los problemas agrícolas de Bolivia: absorción de los excedentes de población del altiplano y los valles, y suministro a esas regiones de la producción en exceso sobre las necesidades locales.

En el Plan de Desarrollo se ha previsto, con un vigoroso y sostenido programa de colonización, el desplazamiento de 50 000 personas desde el altiplano y 400 000 de los valles (en total unas 90 000 familias). Estas cifras, que pueden considerarse como las máximas posibles para la próxima década, representan para la primera región un aumento neto de la población rural de 166 000 habitantes y para la segunda una disminución neta de 50 000. Los crecimientos vegetativos previstos alcanzan a 216 000 y 350 000 habitantes respectivamente. En consecuencia, la presión demográfica en el altiplano seguirá creciendo y en los valles disminuirá lentamente en los próximos años.

El mismo plan consigna un aumento de superficie cultivada entre 1958 y 1971 de 411 000 hectáreas en todo el país, con la siguiente

/distribución: 272 000

distribución: 272 000 en los llanos, 63 000 en los valles y 76 000 en el altiplano. Además de la necesidad de ampliar la superficie cultivada en el altiplano y los valles, el Plan de Desarrollo prevé también un crecimiento de los rendimientos unitarios de las tierras en producción del orden del 17 por ciento.

## III. LA SITUACION ACTUAL DEL RIEGO

Se estima que en toda Bolivia hay como 65 000 hectáreas bajo riego, es decir, aproximadamente un 10 por ciento del área cultivada.[6/] En el cuadro 30 se presenta la distribución de esa superficie por departamentos.

Exceptuando unas 6 000 hectáreas en el sistema de riego de Angostura (Cochabamba), 2 000 en el sistema de Tacagua (Oruro) - ambos construidos por el estado - y una superficie algo menor que la última en Culpina (Chuquisaca), de iniciativa privada, en las que el riego dispone de embalses de regulación y de un sistema de canales estable, el resto en su gran mayoría son simples canales derivadores construidos en las riberas de los ríos, con primitivas obras de toma que por lo general se destruyen en las épocas de lluvias y deben reconstruirse anualmente. Un sistema de turnos de riego o mitas establece en cada caso la distribución del agua disponible entre las propiedades con derechos sobre ella.

No obstante que el estado construyó los dos sistemas de riego más importantes, la superficie regada por iniciativa suya representa (1961) sólo el 15 por ciento del total, mientras que la realizada por iniciativa privada cubre el 85 por ciento restante.

Hay, sin embargo, algunas obras de mayor importancia, debidas a la iniciativa privada, que aprovechan lagunas naturales, generalmente en la cordillera, para obtener la regulación estacional de pequeños cursos de agua.

Aunque el área regada es pequeña, es actualmente la actividad que emplea el mayor volumen anual de agua. Para conocer el orden de magnitud

---

6/ Esta información corresponde al Censo Agropecuario de 1950 (Dirección Nacional de Estadística y Censos - Ministerio de Hacienda), considerándose que de entonces a la fecha no ha habido variaciones significativas. Existen, sin embargo, otras informaciones que asignan a la superficie regada un valor bastante inferior (como 40 000 hectáreas).

/Cuadro 30

Cuadro 30

BOLIVIA: AREAS REGADAS

| Departamentos | Superficie (miles de hectáreas) | Porciento de la superficie cultivada | Volumen anual de agua usada a/ (millones $m^3$) |
|---|---|---|---|
| Chuquisaca | 9.73 | 11.8 | 78 |
| La Paz | 8.22 | 4.4 | 33 |
| Cochabamba | 12.87 | 10.2 | 103 |
| Oruro | 7.20 | 31.5 | 29 |
| Potosí | 15.63 | 11.4 | 94 |
| Tarija | 6.64 | 25.6 | 53 |
| Santa Cruz | 3.52 | 6.1 | 17 |
| Beni | 0.03 | 2.8 | - |
| Pando | ... | ... | |
| Total | 63.84 | 9.8 | 407 |

Fuente: Dirección Nacional de Estadística y Censos, Ministerio de Hacienda.
a/ Estimación a base de valores medios según la fórmula de Blaney-Criddle.

/de esa

de esa cantidad se estimaron necesidades de riego promedias para los distintos departamentos. (Véase de nuevo el cuadro 30.) El consumo resultó algo superior a los 400 millones de metros$^3$, es decir, equivalente a un caudal de 13 metros$^3$ por segundo en promedio.

La Dirección de Riego del Ministerio de Agricultura tiene la responsabilidad nacional de las actividades estatales en este campo. Esa oficina se organizó adecuadamente a principios de la década de 1940, proveyéndola de los elementos técnicos y los fondos necesarios, para estudiar, construir y operar las obras de riego que ya entonces se consideraban indispensables para el fomento de la producción agrícola. Una comisión de ingenieros mexicanos prestó por varios años la ayuda técnica necesaria. Se instalaron entonces la mayoría de las estaciones de aforos que tiene esa institución, se exploraron como una veintena de posibles proyectos de riego (la mayoría de los cuales se siguen hoy barajando) y se proyectaron e iniciaron las obras de los dos sistemas públicos antes mencionados de Angostura y Tacagua.

En los estudios correspondientes se introdujeron prácticas avanzadas para aquella época en la clasificación de suelos en relación con sus aptitudes agrícolas y en mecánica de suelos para la construcción de diques de tierra. Se señalan estos aspectos a fin de subrayar el contraste que ofrece la situación actual de este organismo que se ha empequeñecido por la reducción paulatina del apoyo financiero que tuvo anteriormente.

Los estudios y las obras principales para el Sistema de Angostura se ejecutaron entre 1939 y 1947. Sin embargo, hasta 1961 sólo se regaban unas 6 000 hectáreas, de las 10 000 previstas, por la forma en que se han venido demorando la construcción de los canales y los trámites de expropiación de los predios inundados a los niveles más altos del embalse.7/ También en la obra de Tacagua, luego de un rápido progreso de las construcciones en su comienzo, se fueron dilatando posteriormente en forma tal, que han durado más de 12 años, y en 1961 sólo se regaba como el 60 por ciento del área correspondiente a su capacidad total.

---

7/ El sistema de canales se proyectó para regar 12 000 hectáreas, pudiendo cubrirse una superficie apreciablemente mayor si el agua se utiliza racionalmente.

## IV. NECESIDAD DE RIEGO

El altiplano boliviano, de acuerdo con los promedios anuales de precipitación pluvial, está clasificado entre las zonas áridas del continente. En consecuencia, es evidente la necesidad del riego desde el punto de vista del desarrollo vegetativo. Como no hay noticias de que se hayan realizado experiencias directas para determinar las tasas de riego indispensables, y a fin de formar una idea de la magnitud de esas necesidades, se adoptaron a título aproximado algunos coeficientes norteamericanos a las características locales, mediante la fórmula de Blaney-Criddle, y sin que ello elimine la necesidad de realizar estudios concretos en la región. Se vio que entre los grados 13 y 19 de latitud, que es aproximadamente la zona altiplánica con algunas posibilidades agrícolas, se requieren entre 200 y 900 milímetros de riego, según los lugares para los cultivos usuales (papa, oca, cebada, trigo, quinva, etc.) en el período vegetativo corriente, y en un año de pluviosidad media,[8/] (0.13 a 0.57 litros por segundo por hectárea, en promedio, durante unos 6 meses). Conviene recordar aquí que en años muy secos, como fue el de 1956/57, esas necesidades pueden subir apreciablemente, o disminuir mucho en años favorables.

En los valles, las necesidades de riego son similares a las del norte del altiplano o ligeramente menores. Las lluvias se concentran asimismo en los meses de noviembre a marzo con un período seco bien definido de abril a septiembre. La fórmula de Blaney-Criddle arroja valores comprendidos entre 400 y 1 000 mm de riego necesario por cosecha (0.25 a 0.64 litros por segundo por hectárea, en promedio, durante 6 meses), según el tipo de cultivo (hortalizas, papas, maíz, trigo, cebada, alfalfa, etc.).

En los llanos del norte y noreste del país, en que las precipitaciones anuales en promedio sobrepasan los 1 600 milímetros, o no hay necesidad o el riego requerido es muy bajo según los tipos de cultivo, porque las precipitaciones son relativamente importantes y la evaporación reducida aun en los meses menos lluviosos. Por el contrario, el problema pertinente en esas regiones es el de las inundaciones, principalmente en la región comprendida entre los ríos Beni y Mamoré, al noreste de Reyes y al norte de Trinidad, donde todos los años quedan bajo agua extensas zonas de la provincia de Yacuma.

---

8/ Estas cifras incluyen un 70 por ciento de tolerancia para las pérdidas de agua en los procesos de riego, considerando que en el altiplano la evaporación alcanza hasta unos 7 milímetros diarios.

/Hacia el

Hacia el sur las precipitaciones disminuyen gradualmente y se acentúa el período seco de abril a septiembre. Algunos cultivos adecuados a estas regiones - el arroz y la caña de azúcar por ejemplo - requieren en sí mayor cantidad de agua que los indicados para el altiplano y valle.

Es así como de Santa Cruz hacia el sur y según los tipos de cultivo, las necesidades de riego pueden variar entre cero y más de 900 milímetros. Las mayores necesidades se registrarían en las zonas al este de Camiri y Villamontes principalmente. El cultivo del algodón, que tiene buenas posibilidades en la última región, requerirá unos 600 milímetros de riego en año promedio.[9/] La caña de azúcar necesitaría cantidades bastante superiores.

Conviene puntualizar que las necesidades de riego indicadas en las tres regiones principales corresponden a condiciones pluviométricas ficticias, pues el año utilizado en el análisis tiene como precipitación mensual el promedio correspondiente a varios años en el mes respectivo. Por lo tanto, el modelo del año pluvial examinado presenta un efecto de regularización de las precipitaciones que no existe en la realidad. De ahí que en los cultivos de secano, que son los predominantes en Bolivia, se den años de cosechas relativamente satisfactorias (precipitaciones abundantes y distribuidas adecuadamente con relación al ciclo vegetativo) y otras muy malas (años de reducida precipitación, o que siendo ésta adecuada en el volumen anual, su distribución resulta inconveniente para el período agrícola respectivo).

Un análisis de los gráficos IV al XVII [10/] permite comprobar la aseveración anterior pues la dispersión de las precipitaciones para cada mes es muy grande en el altiplano y valles principalmente.

Como no se dispone del programa de nuevas obras de riego previstas en el Plan de Desarrollo para cumplir las correspondientes metas de producción agrícola, parece que suponer que se mantenga la relación actual de casi 10 por ciento entre la superficie regada y la total dedicada a la

---

9/ O sea 0.60 litros por segundo por hectárea, en promedio durante unos 5 meses.

10/ Véase el anexo.

/agricultura sería

agricultura sería una hipótesis mínima.[11] En tal supuesto, las obras de riego a construir hasta 1971 beneficiarían unas 40 000 hectáreas, con el empleo de 250 millones de metros$^3$ al año, lo que representa un aumento del consumo de agua en este campo del orden de 60 por ciento.

## V. LAS CONDICIONES ECONOMICAS DEL RIEGO Y LOS PROYECTOS EXISTENTES

No obstante el inmenso valor que para Bolivia representan como primeras experiencias locales los sistemas de riego de Angostura (valle) y Tacagua (altiplano), las autoridades interesadas no han recogido al parecer todas las informaciones básicas que en el campo técnico y económico eran necesarias. No ha sido posible conseguir los datos estadísticos sobre las respectivas producciones agropecuarias que se requieren para evaluar los resultados económicos logrados realmente con esas obras. Tampoco ha sido posible obtener la estadística de caudales afluentes y efluentes de los correspondientes embalses - incluyendo las mayores crecidas - para examinar aspectos tan importantes como sus volúmenes útiles y la capacidad de las obras de descarga en relación con series hidrológicas mucho más extensas que las empleadas originalmente, los coeficientes de escorrentía, las tasas medias de riego que se emplean y su variación con el tiempo, etc.

Sin embargo, a base de informaciones parciales de diverso origen,[12] existen fundadas razones para considerar a) que son excesivos los volúmenes útiles de los embalses y que también fueron sobredimensionadas las obras de evacuación de creces, y b) que las tasas de riego empleadas suponen considerable desperdicio de agua, cuyo manejo es muy descuidado.

---

11/ En efecto, más de un tercio de las nuevas 411 000 hectáreas que se incorporarán al cultivo se encuentran en el Altiplano y Valles donde las zonas menos áridas están ya aprovechadas, y gran parte de los 2 tercios restantes se ubican en los llanos que se extienden al sur de Santa Cruz, donde los cultivos previstos necesitan de riego para obtener rendimientos razonables. Por otra parte, el aumento de productividad (un 17 por ciento) es posible que requiera la ampliación de las áreas de riego en las tierras hoy cultivadas.

12/ Principalmente verbales de funcionarios de la misma Dirección de Riego y de técnicos ajenos a ella, pero que han seguido de cerca la operación de los sistemas.

/Esta última

Esta última circunstancia, junto con la falta de un drenaje adecuado en el sistema de Angostura, ha determinado en las partes bajas de los terrenos un rápido ascenso de la napa freática con afloramiento de sales - en parte transportadas por la misma agua de riego - perjudiciales a los cultivos intensificándose así el deterioro de los suelos.

Aunque la falta de las respectivas obras de avenamiento se empezó a sentir hace más de 10 años y aunque a partir de entonces se han emitido varios informes recomendando su rápida realización - inclusive por expertos de organizaciones internacionales - no parecen haberse tomado aún las medidas necesarias para construirlas.

Si bien en septiembre de 1958 - mediante un Decreto Supremo - se aumentaron apreciablemente las tarifas por el uso de agua (en promedio menos de un dólar por 1 000 $m^3$) en procura de cubrir un déficit equivalente a unos 30 000 dólares anuales sobre un monto de egresos (principalmente sueldos) de aproximadamente 35 000, no parece aún que los usuarios compensen adecuadamente los costos efectivos del servicio recibido (amortización, mantenimiento y operación del sistema), no obstante los apreciables beneficios que les reporta. Además, parece haber usuarios que se niegan a pagar sus cuotas y las autoridades no disponen de medios prácticos para exigirles el cumplimiento de esta obligación.

En materia de nuevas obras la Dirección de Riego ha realizado estudios o investigaciones exploratorias en unos 40 proyectos diferentes. Su magnitud es muy variable: desde aquellos que contemplan el beneficio de sólo unas 100 hectáreas hasta los que alcanzan a 40 000 o más. (Véase el cuadro 31.) La superficie total eventualmente beneficiada por ellos es de unas 210 000 hectáreas, es decir, 3 veces superior al área regada en la actualidad.[13/]

El personal con que cuenta la Dirección de Riego es muy reducido especialmente al nivel técnico, para tener a su cargo la responsabilidad pública del desarrollo de esa actividad en todo el país y la operación de los dos sistemas que están en explotación. Un análisis de su actual organización muestra que muchos estudios básicos no pueden ejecutarse - al menos con la acusiosidad que requieren - por no existir las secciones responsables que pudieran encargarse de ellos.

---

13/ Además se estudian actualmente un conjunto de pequeños proyectos de riego como: Pucusani-Chuma (250 hás); Talacocha-Puna (150 hás); San Lucas (600 hás) Caiza "D" (400 hás); Camargo, etc.

/Cuadro 31

Cuadro 31

PROYECTOS CONSIDERADOS POR LA DIRECCION GENERAL DE RIEGOS HASTA 1960

| Departamento | Río | Superficie beneficiada (miles de hectáreas) | Los estudios incluyen estimación de gastos e ingresos anuales a/ |
|---|---|---|---|
| La Paz | Suchez | 1.50 | No |
| | Keka (Belén) | 0.80 | No |
| | Huarina (Peñas) | 7.00 | Si |
| | Pallina (Laja) | 6.30 | Si |
| | Colorado | 2.00 | No |
| | Caracato | 0.25 | No |
| | Sapahaqui | 0.10 | No |
| | Santiago de Huata | 0.35 | No |
| | Viscachani b/ | 1.50 | Si |
| | | 19.80 | |
| Cochabamba | Arque (Capinota) | 0.45 | No |
| | Londo (Charamoco) | 0.50 | No |
| | Londo (Cuticollo) | 0.10 | No |
| | Alalay | 1.50 | Si |
| | Sipe-Sipe | 0.20 | No |
| | Mizque | 0.30 | No |
| | Cliza | 0.50 | No |
| | Cuchu-Punata | 2.00 | Si |
| | Pocoata (Arani) | 0.20 | No |
| | Millumayu (Tiraque) | 0.60 | No |
| | | 6.35 | |
| Santa Cruz | Parapetí | 40.00 | Si |
| | Mairana | 1.30 | Si |
| | Quirusillas (Valle Abajo) | 1.50 | Si |
| | Pampa Grande | 0.10 | No |
| | Comarapa | 0.30 | No |
| | Río Grande | 40.00 | Si |
| | El Trigal | 0.50 | No |
| | Piray | 2.00 | Si |
| | Espejos | 0.50 | No |
| | Charagua | 0.30 | No |
| | | 86.50 | |
| Tarija | Pilcomayo (Villamontes) | (16.00 40.00) | Si |
| | Guadalquivir | 0.48 | No |
| | Pajonal y Santa Ana | 10.00 | No |
| | | 66.48 | |
| Potosí | Colcha | 1.00 | Si |
| | Macha | 0.20 | No |
| | Tupiza | 0.50 | No |
| | Pucamayu | 0.10 | No |
| | Pocoata | 0.10 | No |
| | Chayanta | 0.80 | |
| | | 2.70 | |
| Chuquisaca | Padilla | 0.40 | No |
| | | 0.40 | |
| Oruro | Caracollo | 2.60 | Si |
| | Desaguadero c/ | 25.00 | Si |
| | | 27.60 | |
| Total Bolivia | | 209.92 | |

Fuente: Junta Nacional de Planeamiento.

a/ Aparecen marcados con "Si" aún algunos proyectos cuyas bases de justificación son parciales. Los marcados "No" significa que no disponen de ninguna estimación o que las realizadas no tienen bases adecuadas de justificación.

b/ Incluyendo el proyecto Ayo-Ayo, según otras fuentes, la superficie beneficiada alcanzaría a 2 800 hectáreas.

c/ El proyecto Toledo, en construcción, regaría 2 300 hectáreas.

/De ahí

De ahí que en un examen de conjunto de los principales proyectos, las conclusiones generales extraídas no sean muy favorables:

a) Con frecuencia los estudios correspondientes no están suficientemente documentados para permitir exámenes de factibilidad. Principalmente en materia agrológica no se dispone de planos con las distintas calidades de los suelos y no se presentan análisis químicos ni físicos de las aguas. En la Dirección de Riego (Ministerio de Agricultura) se nota la falta de una sección especializada en estas labores;

b) El agua superficial se ha considerado como único recurso y no se han investigado las posibilidades de agua subterránea. Esta omisión tiene especial importancia en el altiplano, donde la evaporación es un problema fundamental;[14/]

c) En los antecedentes que se ofrecen para justipreciar la conveniencia económica de los proyectos generalmente se estiman las producciones brutas con riego, pero no se hace alusión a las producciones potenciales sin él. Tampoco se examinan detenidamente las necesidades de fertilización por insuficiencia en el análisis sobre la calidad de los suelos;

d) Varios proyectos entre los que se cuentan con mayor acopio de antecedentes no tienen suficientes méritos económicos.

Un experto enviado por la FAO [15/] descarta dos proyectos de riego en la forma en que han sido concebidos: "Viscachani" y "Caracollo", por ser económicamente inapropiados y no se pronuncia sobre otros dos: "Río Desaguadero" y "Cuchu-Punata" por ser insuficiente la documentación.

Con relación al sistema de riego de "Tacagua", ya en operación, el mismo experto concluye que el costo final por hectárea regada asciende a 950 dólares, influyendo sobre tan elevada cifra la larga duración de los trabajos; sin embargo, considera que, construido en condiciones normales, hubiese costado algo más de la mitad y tampoco podría justificarse económicamente.

---

14/ Las siguientes cifras ilustran la importancia de esta aseveración: en los proyectos de Caracollo y Pallina, las pérdidas anuales por evaporación en los embalses resultarían superiores al 70 por ciento de la capacidad útil de los mismos. En los de Huarina Peñas y Viscachani son del orden del 30 por ciento.

15/ Véase Arnold Escher, "Evaluación de los proyectos de riego".

/Por otra

Por otra parte, conviene señalar que entre los proyectos que según el experto tienen suficientes méritos para justificar la prosecución de los estudios y probablemente su construcción, figuran los de Huarina Peñas y Pallina, en el altiplano, con costos del orden de los 160 y 180 dólares por hectárea respectivamente, y el de Mairana, en la zona precordillerana oriental, con 420 dólares de costo por hectárea. Estas tres obras beneficiarían en conjunto unas 15 000 hectáreas.

Sólo cuando una investigación más completa de los diversos elementos que caracterizan cada proyecto, permita determinar con bases suficientemente seguras las respectivas relaciones de beneficio/costo, será posible definir un orden de prelación en los otros proyectos considerados. En tal estudio se ha de incluir el análisis del "precio de cuenta" de los factores en juego.

Es muy difícil hacer una estimación general de la conveniencia económica del riego en el altiplano. Por una parte se ha visto ya a) la trascendencia de incrementar la producción agropecuaria en esa región como consecuencia del bajo nivel alimenticio actual de la población, del aumento de la presión demográfica y de las dificultades que entraña el transporte de alimentos desde los llanos, y b) que por la reducida precipitación pluvial y su concentración en un breve período del año - que es a su vez bastante variable -, es grande la importancia del riego para asegurar la normalidad del ciclo vegetativo en los cultivos.

Pero, por otra parte, la calidad de los suelos, las condiciones del clima y sobre todo las inadecuadas prácticas agrícolas actuales, determinan niveles de productividad tan bajos, por hectárea cultivada, que considerando aisladamente ese factor de producción sólo se justifican en él inversiones muy reducidas.

La falta de riego es sólo una de las causas que limitan el desarrollo agropecuario del altiplano. Afortunadamente, como hace notar H.G. Dión,[16/] numerosas pruebas y observaciones indican que el clima no es un gran obstáculo para el desarrollo agrícola de esa región. Las temperaturas medias y máximas del aire no parecen estar de acuerdo con el tipo de vegetación de climas más templados que se observan en varios lugares. "Los registros de temperatura

16/ Op. cit.

/ambiente indican

ambiente indican muy imperfectamente las condiciones en que crecen las plantas. También las temperaturas del suelo son superiores a lo que se podría creer, a causa de la intensa que es la insolación a esas alturas".

Con relación a los suelos, el mismo experto resume sus observaciones así: "Si bien hay muchos suelos de inferior calidad en esta región, tales como los del tipo arenoso y salino, hay también muchas zonas extensas cuyos suelos son evidentemente de buena textura (margas gredosas), que retienen bien la humedad, y no tienen sales..." "La superficie de los suelos más favorables para el cultivo, en antiguos lechos lacustres, se ha estimado en unos 2 millones de hectáreas, siendo el área total del altiplano superior a 15 millones de hectáreas".

Con un profundo cambio de las prácticas agrícolas que implique la racionalización de labores por introducción de técnicas adoptadas ya en otros países - empleo adecuado de abonos, selección de especies y semillas, control adicional de plagas y enfermedades mediante el uso de pesticidas y desinfectantes, etc. - el riego en los mejores suelos contribuirá en medida apreciable al aumento necesario de la producción agrícola en el altiplano. Se facilitará la maduración temprana de los cultivos, circunstancia principalmente importante en el caso del trigo, para tener la floración antes de enero y poder soportar así las primeras heladas que a veces se presentan en ese mes. Las siembras atenidas únicamente a las precipitaciones pluviales deben esperar las primeras lluvias de primavera que pueden ocurrir en septiembre, pero que a veces se atrasan hasta noviembre. Como señala el mismo autor, en los lugares en que se dispone de riego las siembras se efectúan con éxito a fines de agosto o principios de septiembre, con independencia de los azares meteorológicos.

Los trigos empleados hasta ahora demoran de 200 a 240 días en madurar, pero se investigan variedades que lo hacen entre 150 y 180 días, empleando cantidades adecuadas de abonos fosfatados.

Un ejemplo interesante de resultados muy favorables logrados mediante la introducción de algunas mejoras en las prácticas agrícolas y el riego en el Altiplano es la experiencia realizada en la Península de Taraco entre los años 1937-52, donde los propietarios instalaron y operaron con éxito económico una planta de bombeo, a base de un motor diesel, con elevaciones hasta de 90 metros.

/En el

En el Campo Experimental de Chano, del Servicio Departamental de Agricultura de Puno (Perú) se pasó de una producción de 4 toneladas de papas por hectárea - que es igual a un buen rendimiento actual en promedio en el Altiplano boliviano - a 15 toneladas por hectárea con abonos de cuadra. Dión observó "alfalfares exuberantes", que tenían 12 años y aún producían dos o tres siegas anuales para henificar, "en zonas en que el agua freática estaba relativamente superficial".

El Ministerio de Fomento y Obras Públicas del Perú en acción conjunta con el Servicio Cooperativo Interamericano de Fomento (SCIF) consideran 29 proyectos de riego que beneficiarán a más de 38 000 hectáreas en la Sierra de ese país. Cuatro de ellos, por sus características generales, son similares a los que Bolivia podría afrontar en el Altiplano. En efecto, los proyectos de Combata, Layo, Asillo y Taraco, se encuentran a alturas comprendidas entre 3 500 y 3 900 metros sobre el nivel del mar, regando en conjunto 5 800 hectáreas. Los incrementos de productividad con las obras consideradas varían entre 2 y 7 veces las que se obtendrían sin ellas, anotándose que las inversiones necesarias fluctúan entre valores equivalentes a 50 y 600 dólares por hectárea. El índice económico allí estudiado: "capacidad de pago anual/amortización" da los siguientes valores: 1.1, 6.7, 3.4 y 1.9 respectivamente.[17/]

Con los antecedentes anteriores, se ve que en el Altiplano el riego tiene buenas posibilidades, pero que más que en ninguna otra región las inversiones deben justificarse previamente a base de investigaciones minuciosas y operaciones piloto sobre el incremento de la productividad, las diversas alternativas de las fuentes de riego y el tamaño económicamente más conveniente en cada proyecto.

En muchos lugares la elevación por bombeo de agua superficial o subterránea puede conducir a las soluciones más adecuadas.

El agua subterránea reúne las siguientes ventajas para considerarla como una alternativa de grandes posibilidades:

---

17/ Véase Ministerio de Fomento y Obras Públicas - Servicio Cooperativo Interamericano de Fomento (SCIF), "Pequeñas Irrigaciones en la Sierra del Perú", Lima, junio de 1962.

/a) Aunque

a) Aunque no se dispone de estudios hidrogeológicos detallados, y son pocas las prospecciones realizadas, hay buenas razones y observaciones directas que permiten suponer que el agua se encontraría en algunas partes a poca profundidad.[18]

b) Podría aprovecharse en forma paulatina - sin comprometer de una vez las inversiones cuantiosas requeridas por los sistemas con embalse y red de canales - cubriendo tan sólo las zonas en que concurran simultáneamente las condiciones más favorables en cuanto a calidad de tierras, clima, acuíferos poco profundos y exentos de sales nocivas, facilidades de transporte, etc.

c) Sólo se construirían pequeños depósitos para disponer de caudales prácticos en las operaciones del riego - superiores a los entregados directamente por la bomba - sin los inconvenientes de las grandes pérdidas por evaporación en los embalses de regulación estacional, y las correspondientes a filtraciones y evaporaciones en extensos canales.

En las investigaciones y operaciones pilotos, señaladas antes como indispensables, convendría incluir el aprovechamiento de la energía eólica, como alternativa en relación con el bombeo. El viento es en general lo bastante fuerte y permanente durante una gran parte del año como para justificar estudios detenidos en esta materia, incluyendo tal vez la autogeneración de electricidad en reducida escala para los hogares rurales (luz, radio), siempre que resulte económico en esas condiciones su suministro regularizado. Los escasos antecedentes que se disponen en materia de vientos, parecen indicar que son más fuertes y constantes en los meses en que el riego es más necesario (de agosto a diciembre, marzo y abril).

Con condiciones anemométricas favorables y alturas de elevación reducidas (4 a 6 metros) podrían quizás resultar convenientes los motores

---

18/ Véase Cornelius H. Zondag (Experto de la Misión de los Estados Unidos en Bolivia), "Problem in the Economic Development of Bolivia" y H.G.Dión, op. cit., así como el informe de Alfonso Freile, Experto de Asistencia Técnica de las Naciones Unidas. Según este último autor, varios pozos en explotación tienen bajos rendimientos por ejecución defectuosa: sin filtros o que no captan el espesor total de los correspondientes acuíferos.

/eólicos de

eólicos de 4 a 5 metros de diámetro.[19] Cualesquiera que sean los resultados de tales investigaciones, la experiencia de la Península de Taraco indica que, aún con alturas de elevación de algunas decenas de metros, el motor de combustión interna puede ser la solución inmediata, en ausencia de energía eléctrica barata y abundante.

En la región de los Valles, con condiciones de clima mucho más favorables que en el Altiplano, pero también con escasa precipitación pluvial y muy irregularmente distribuida en el año, los rendimientos que se obtienen por hectárea cultivada son mucho mayores y ciertamente susceptibles de sustanciales incrementos, con mejores métodos de trabajo. Las ventajas que se logran con el riego son apreciables y su justificación económica es más favorable que en el caso anterior. Por ejemplo, en Cochabamba el rendimiento de una hectárea de trigo sin riego es del orden de 450 kg , y con riego se eleva a 1 400 kg o más. Lamentablemente, no son muy extensas las tierras disponibles. En el valle de Cochabamba son numerosos los predios que aprovechan con éxito el agua subterránea (muchos pozos son surgentes) para regar huertos y chacras.

El proyecto Mairana, al este de Cochabamba y adyacente a la carretera Cochabamba-Santa Cruz, parece tener grandes posibilidades. Es un proyecto pequeño, que favorece únicamente a unas 1 350 hectáreas, con un costo aproximado equivalente a 415 dólares por hectárea. Supone la construcción de un embalse en el río Quirusillas, afluente del Yapacaní. Las tasas de evaporación son considerablemente menores que en el Altiplano. La producción prevista incluye fruta, verduras, maíz, algodón, papas y tabaco.

Como en el caso del proyecto de Huarina Peñas, los estudios se han hecho a base de la producción bruta que se tendrá con el proyecto en operación y no con sólo el incremento ligado al riego. Al parecer, el análisis de los suelos requiere también aclaraciones. De todos modos, se precisa una evaluación económica detallada del proyecto para examinar su factibilidad. Asimismo debe prestarse atención al agua subterránea como alternativa para el suministro del riego, considerando inclusive sus efectos sobre los potenciales hidroeléctricos aguas abajo.

---

19/ Véase E. W. Golding (Consultor de la FAO), Ingeniería Rural - Motores eólicos para la elevación de aguas y la producción de energía eléctrica en la granja.

/Sin duda,

Sin duda, las mayores posibilidades de riego se encuentran en las áreas semiáridas de los llanos orientales. Abundan las tierras planas, las condiciones del clima son favorables para cultivos intensivos y los suelos de calidad son suficientes como para permitir una selección de los que resultarían más favorecidos por el riego. Los factores adversos son el acceso y el transporte desde y hacia los centros de consumo; el costo de despeje y preparación de la tierra para el riego, y la reducida disponibilidad de mano de obra en esas zonas. Sin embargo, estos obstáculos no son tan fundamentales como los señalados en el caso del Altiplano y los Valles. Los ríos Grande, Parapetí y Pilcomayo, con caudales promedios de 300, 30 y 200 metros$^3$ por segundo, respectivamente, con lugares adecuados para la formación de embalses en la precordillera oriental, pueden aprovecharse para regar grandes zonas. Existen ya estudios e investigaciones para beneficiar cerca de 150 000 hectáreas en total, en diversos proyectos.

Cualquier proyecto de riego en los llanos orientales debe contemplar simultáneamente la colonización y el mejoramiento del transporte. En el que se ha prestado mayor atención a estos aspectos y en el que se se han hecho mayores inversiones en los últimos años es el de Villamontes. Se ha previsto el empleo de bombas para elevar agua de 12 a 15 metros sobre el nivel del río Pilcomayo y regar de 7 000 a 30 000 hectáreas, según la etapa del proyecto que se considere. La etapa inicial, examinada en el informe de Escher antes mencionado, abarca 7 400 hectáreas con un costo equivalente a 3.75 millones de dólares, o sea 507 dólares por hectárea. Parece que la mitad de ese costo se ha gastado ya en la instalación de las bombas y la excavación de una parte del canal matriz. El saldo del costo se refiere principalmente a la continuación de ese canal, la construcción del sistema de canales derivados y el desmonte de las tierras. Puesto que la mayor parte de las inversiones realizadas es "irrecuperable", el análisis del problema en la situación actual sólo debe referirse a la relación entre los costos adicionales necesarios y los beneficios provenientes del riego. Deberá hacerse una evaluación detallada de la conveniencia económica de terminar los trabajos, que tome en cuenta el aumento de la productividad de la tierra irrigada, sobre la correspondiente con sólo las precipitaciones pluviales, e incluya tolerancias por diferencia en los tipos de cultivos a realizar, los rendimientos y los costos de producción.

/En caso

En caso de que los antecedentes disponibles no sean suficientes para indicar con bastante seguridad la productividad probable y los tipos de cultivo óptimos con riego, deberán establecerse estaciones piloto representativas para hacer tales determinaciones. El agua necesaria en esos experimentos se obtendría de pequeñas obras provisionales: pozos, pequeñas plantas para elevarla desde el río, etc. Si la producción responde en forma suficientemente favorable al riego como para garantizar la conveniencia de terminar las obras, esas estaciones experimentales podrían mantenerse en calidad de campos de demostración para estimular la adopción de las prácticas agrícolas más convenientes entre los colonos. En lugar de que al comienzo se desmonte completamente el área destinada a la agricultura, convendría limitar esa labor a la superficie mínima requerida para proporcionar a cada colono un razonable nivel de vida inicial. Posteriormente les correspondería despejar el resto de la tierra que se les asigne.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A la luz de los antecedentes examinados, se ha llegado a las conclusiones y recomendaciones que se resumen a continuación:

a) el riego tiene enorme importancia en la agricultura de Bolivia como forma de compensar la escasa precipitación pluvial y su desigual distribución anual en el altiplano, los valles y los llanos;

b) es necesario determinar mediante experiencias directas las tasas unitarias del riego para evitar desperdicios de agua;

c) la Dirección de Riego se debe reorganizar ampliando considerablemente su presupuesto y la planta de su personal técnico a fin de que constituya un organismo superior con el poder necesario para programar y ejecutar un plan nacional de riego y habilitación de tierras;

d) la formulación del aludido plan de riego debería ejecutarse con la supervisión del Centro de Coordinación de los Recursos Hidráulicos, integrándolo en el Plan de Desarrollo Económico y Social y teniendo en cuenta la sustitución de importaciones y la diversificación de exportaciones; toda obra prevista en el plan deberá basarse en sólidas justificaciones económicas;

/e) solicitar

e) solicitar a los organismos internacionales la asistencia técnica de un ingeniero especialista en riego, un experto en análisis y clasificación de suelos y un economista agrícola para colaborar en la reorganización de la Dirección, en la formulación del plan de riego y habilitación de tierras [20] a partir de los proyectos que requieren decisiones inmediatas (Villamontes, Península de Taraco, Haurina Peñas, Mairana, etc.) y en el asesoramiento en la complementación, mantenimiento y operación de los sistemas en uso;

f) revisar las tarifas y cuotas de riego tanto para ajustarlas adecuadamente a los costos reales del servicio como para darles una estructura más conveniente, procurando sin embargo que el costo del agua no supere una proporción razonable del costo total de producción. En esos cálculos convendría: i) reajustar el valor del capital inmovilizado al valor actual de los bienes físicos (obras e instalaciones), y ii) reflejar en el interés al capital invertido el verdadero costo de oportunidad del dinero.

---

20/ Véase el punto c) anterior.

Capítulo V

# HIDROELECTRICIDAD

## I. RECURSOS HIDROELECTRICOS

En el presente capítulo se examinan los recursos hidroeléctricos del país a base de la precaria información disponible. De acuerdo con los conceptos actuales sobre potencial hidroeléctrico, conviene distinguir entre potencial teórico, potencial técnicamente utilizable y potencial económicamente utilizable.[1/]

El potencial teórico considera toda el agua con la altura que dispone sobre el nivel del mar y con un rendimiento de 100 por ciento. Aun reconociendo que es sólo un límite superior inalcanzable, constituye un punto de referencia inamovible para medir los progresos que se logran en las evaluaciones a los otros niveles y en los aprovechamientos dentro de un país o región.

El potencial técnicamente utilizable es muy inferior al téorico; mide la magnitud de los recursos por los aprovechamientos existentes y los susceptibles de instalación, en un momento determinado, con los medios usuales de la técnica para este tipo de obras, sin sobrepasar un valor límite superior fijado previamente al costo del kW instalado.

El potencial económico es sólo una fracción del técnicamente utilizable limitado a la parte que se considera de aprovechamiento conveniente, a corto o mediano plazo, dentro del marco de desarrollo de la economía general del país respectivo. Por consiguiente, excluye los recursos que no puedan proporcionar energía a un costo igual o menor al que podría obtenerse de otras fuentes productoras de electricidad, o aquellos que en un análisis económico integral deben destinarse a otros usos del agua incompatibles con la generación eléctrica.

### 1. Estimación del potencial teórico superficial

Como en Bolivia hay muy poca información sobre el caudal de los ríos, sólo ha sido posible realizar estimación integral del potencial teórico superficial, con las precipitaciones medias anuales, valiéndose de un mapa con líneas de nivel de 300 en 300 metros a escala 1:1 000 000, al que se trasladaron además las isoyetas anuales correspondientes al promedio 1945-59.

---

1/ Para mayores detalles véase el documento ST/ECLA/CONF.7/L.3.0.

/El cálculo

El cálculo se hizo de acuerdo con las recomendaciones del Seminario Latinoamericano de Electricidad reunido en Ciudad de México en 1961,[2/] fraccionando cada cuenca en áreas elementales a las cuales podía aplicarse con propiedad la fórmula:

$$Ps = \frac{V \times H}{367}$$

En ella Ps es el potencial teórico superficial en millones de kWh por año, V el volumen medio anual de las precipitaciones caídas en el área elemental respectiva, medido en millones de $m^3$, y H es la elevación media en metros de esa área sobre el punto de cruce de la frontera por el río al que tributa.[3/]

Para determinar en cada caso la potencia media en kW se dividió el correspondiente valor de Ps por 8 760, que corresponde al número de horas en el año. Los resultados aparecen en el cuadro 32, donde se ve que esa potencia se aproxima a 190 millones de kW, tomando como referencia para la cuenca cerrada del altiplano el punto más bajo en el interior de ella.

## 2. Potencial económico aprovechable

A base de las cifras anteriores que se refieren a un concepto abstracto, es posible estimar el orden de magnitud del potencial económicamente utilizable en todo Bolivia, que en definitiva es el que interesa. En efecto, suponiendo que el rendimiento hidrológico en promedio para todas

---

2/ Véanse los documentos ST/ECLA/CONF.7/L.1.8 y L.3.0.

3/ Se adoptaron las siguientes cotas, sobre el nivel del mar, de los puntos de cruce de la frontera por los principales ríos:

| | | Metros |
|---|---|---|
| i) | Confluencia del río Abuná con el río Madera (Manoa) | 137 |
| ii) | Confluencia del río Negro con el río Paraguay (Bolbrapa) | 143 |
| iii) | Confluencia del río G. de Tarija con el río Bermejo (Juntas de San Antonio) | 420 |
| iv) | Río Pilcomayo en Esmeralda-Santa Victoria | 270 |

Además, en relación con las cuencas sin desagüe al mar (endorreicas) se tomaron las siguientes cotas como las mínimas existentes en el interior de cada una de ellas:

| | | |
|---|---|---|
| v) | Lagos Titicaca, Poopó, Coipasa | 3 680 |
| vi) | Salar de Uyuni | 3 930 |

/Cuadro 32

Cuadro 32

BOLIVIA: POTENCIAL TEORICO SUPERFICIAL CON EL VOLUMEN MEDIO ANUAL DE LAS PRECIPITACIONES PLUVIALES

| Cuenca | Energía anual ($x\ 10^9$ kWh) | | Potencia media: De la cuenca ($x\ 10^6$ kw) | | Potencia media: Por $km^2$ (kw) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Beni | 510.7 | | 58.3 | | 333 | |
| Bermejo | 32.2 | | 3.7 | | 308 | |
| Guaporé | 205.2 | | 23.4 | | 84 | |
| Madera (entre Villa Bella y Manoa) | 9.9 | | 1.1 | | 41 | |
| Mamoré | 521.4 | | 59.5 | | 225 | |
| Paraguay | 53.3 | | 6.1 | | 65 | |
| Pilcomayo | 251.8 | | 28.7 | | 293 | |
| Subtotal | 1 584.5 | | 180.8 | | 191 | |
| Titicaca, Poopó, Coipasa a/ | 49.6b/ | 380.2c/ | 5.7b/ | 43.4c/ | 64b/ | 488c/ |
| Salar de Uyuni | 10.1b/ | 78.9c/ | 1.2b/ | 9.0c/ | 20b/ | 148c/ |
| Total | 1 664.2b/ | 2 043.6c/ | 187.7b/ | 233.2c/ | 171b/ | 212c/ |

a/ Se ha considerado sólo la cuenca tributaria dentro del territorio de Bolivia.
b/ Con relación al punto más bajo dentro de la respectiva cuenca interior.
c/ Con relación al cruce de la frontera por el río Pilcomayo.

/las cuencas

las cuencas del país (coeficiente de escorrentía) esté comprendido entre 0.20 y 0.30 (alta evaporación en el altiplano y llanuras casi horizontales en el norte y el Oriente) y que la relación entre el potencial económico actual y el teórico superficial de escurrimiento se aproxime a 0.20 - como resultó para ocho países examinados en Europa - cabría esperar que el potencial económico alcance a unos 10 millones de kW en todo el país.

En una publicación oficial de los Estados Unidos[4/] se estimaron los potenciales hidroeléctricos para los diversos países del mundo sobre dos bases diferentes: la primera que considera los "caudales mínimos ordinarios" (se aproximan a los gastos de duración de 95 por ciento del tiempo) y la segunda que adopta los "caudales medios". Se reconoce en ella que las estimaciones para América del Sur - excepto el Brasil -, lo mismo que para el Asia y África, se basan principalmente en datos pluviométricos y topográficos y, en consecuencia, no son muy exactas. Bolivia figura con 2.65 y 22.08 millones de kW respectivamente. Si se considera que el concepto a que se refiere la segunda cantidad se aproxima mucho a la definición del potencial teórico lineal,[5/] se concluye que esta estimación es perfectamente compatible con la anteriormente presentada.

De esa investigación, que es la única realizada en escala mundial, cabe concluir que Bolivia, en promedio por $km^2$, tiene un potencial hidroeléctrico como un 20 por ciento superior al promedio del mundo y como un 20 por ciento inferior al correspondiente a toda América Latina.

La capacidad hidroeléctrica instalada en 1960 (poco más de 88 000 kW) es pequeñísima en relación con los recursos disponibles, y representa menos del uno por ciento de los 10 millones de kW estimados.

---

4/ Véase Departamento del Interior "Developed and potential water power of the United States and other countries of the world", Geological Survey Circular 367, 1954 (reimpreso en 1958).

5/ Una de las formas de evaluación integral recomendadas en el Seminario Latinoamericano de Electricidad para países y regiones que cuentan con amplia información hidrológica y topográfica disponibles. (Véanse nuevamente los documentos ST/ECLA/CONF.7/L.1.8. y L.3.0.)

/Aunque en

Aunque en la determinación del potencial teórico superficial no se examina la ubicación de los lugares de posible producción eléctrica, de la concentración de él por $km^2$ (última columna del cuadro 32), del análisis de las curvas de nivel y de las isoyetas respectivas pueden inferirse a grandes rasgos las principales localizaciones de potenciales hidroeléctricos, y, en consecuencia, orientar las investigaciones generales para su evaluación directa y la planificación de su aprovechamiento.

Una faja de ancho variable entre 150 y 50 km al este y norte de la poligonal, cuyos vértices son aproximadamente el Nudo de Apolobamba, los nevados del Illampu y Chachacomani, las poblaciones de La Paz, Sicasica, Cochabamba, Monte Puncu y Pojo, define la región más rica en recursos hidroeléctricos de todo el país. Probablemente encierre más de una cuarta parte del total de ellos, en una vigésima parte del territorio nacional. Desde luego allí se encuentran las centrales en operación y proyecto de la Bolivian Power Company, así como los numerosos anteproyectos y emplazamientos investigados por la Compañía de Luz y Fuerza Eléctrica de Cochabamba y la Corporación Boliviana de Fomento cerca de esa ciudad, además del gran proyecto de objetivos múltiples, localizado en el Angosto del Bala, con 500 000 kW o más. Su ubicación es bastante favorable, pues ocupa la región centro-occidental del país, aunque un tanto desplazada hacia el norte con relación a las principales ciudades y centros de explotación minera. Está constituida por las cuencas altas del Beni y Mamoré, formando parte de los siguientes ríos y sus afluentes: Tuichi, Mapiri, Tipuani, Zongo, Bopi, de las Laz, Cotacajes, Santa Elena, Quiquibey, Altamachi, Chapare, Ibirizu, Lope-Mendoza, Chimoré, Ichilo y Yapacaní, en su descenso desde la Cordillera Real y su prolongación en las cordilleras de Cocapata, del Tunari y de Tiraque. Las características de esos ríos condicionan centrales de caudales relativamente pequeños con alturas de caída grandes, es decir, muy económicas por kW instalado.

La investigación sistemática de esos recursos debería iniciarse de inmediato, a base de levantamientos aerofotogramétricos, para proseguir a continuación con la instalación de algunos fluviómetros y pluviómetros a fin de disponer de series estadísticas con 20 a 30 años de extensión en el momento de su utilización.

/El enorme

El enorme potencial hidroeléctrico y de riego que representa el Lago Titicaca (condominio de Bolivia y el Perú) ha sido objeto de numerosos proyectos para su eventual aprovechamiento.[6/] Algunos de ellos consideran la desviación de sus aguas hacia el Océano Pacífico, y otros hacia la cuenca del río Beni. Los primeros tienen la gran ventaja sobre los segundos de considerar el riego directo de unas 100 000 hectáreas de tierras áridas, aparte de las que podrían regarse por bombeo de agua subterránea.

La capacidad total a instalar, que difiere de uno a otro proyecto, sería más o menos de 1.5 millones de kW, la mitad de los cuales puede atribuirse en principio al inventario de los recursos hidroeléctricos de Bolivia, por el condominio que se reconoce al lago en la Comisión Mixta ad hoc Peruano-Boliviana.

Llama la atención que las cifras hidrológicas barajadas por distintos investigadores difieran grandemente, como puede verse en el cuadro 33, donde sólo hay cierta uniformidad en la estimación del volumen de agua aportado por las precipitaciones directas al lago.

Parece indispensable subrayar la importancia que tiene para ambos países coordinar sus labores a fin de ampliar y perfeccionar de inmediato el acopio de informaciones técnicas y económicas en general, incluyendo investigaciones para estimar las alteraciones en el clima y la meteorología locales al disminuir apreciablemente la evaporación del lago Titicaca, por el aprovechamiento con fines múltiples de esa cuenca, y para Bolivia, además, similar y consecuentemente por modificaciones del régimen de los lagos Poopó y Coipasa.

La conciencia que existe en Bolivia sobre las enormes posibilidades de aprovechamiento de las aguas del Titicaca en materia de energía y riego, parece haber desalentado la investigación de las posibilidades que ofrece el Poopó, que si bien son inferiores a las de aquél, no dejan de ser

---

6/ Situado a 3 810 metros sobre el nivel del mar, el lago tiene aproximadamente 160 km de largo y una superficie de 8 300 km$^2$, con profundidades superiores a 180 m.

/Cuadro 33

Cuadro 33

LAGO TITICACA: BALANCE HIDROLOGICO SEGUN DIVERSOS AUTORES

(En millones de metros cúbicos)

| | Bucher | Rudolph | Forti | Monheim |
|---|---|---|---|---|
| **Ingresos:** | | | | |
| Precipitaciones directas | 4 528 | 5 337 | 5 000 | 5 062 |
| Afluentes | 11 997 | 6 274 | 15 230 | 7 718 |
| Total | 16 507 | 11 611 | 20 230 | 12 780 |
| **Salidas** | | | | |
| Río Desaguadero | 1 416 | 1 724 | 4 403 | 630 |
| Evaporación | 15 091 | 9 350 | 15 827 | 12 150 |
| Pérdidas subterráneas | | 537 | | |
| Total | 16 507 | 11 611 | 20 230 | 12 780 |

/importantes. Tiene

importantes. Tiene como 2 600 $km^2$ de superficie y 5 000 millones de $metros^3$ de capacidad. Además posee características que podrían hacer viable su aprovechamiento con anterioridad al Titicaca.

En efecto, de acuerdo con las cifras del cuadro 33 no parece aventurado suponer que por el río Desaguadero recibe anualmente, en promedio, como 1 000 millones de $metros^3$, y del orden de 500 millones más por las precipitaciones en su propia cuenca. Casi toda esa agua se pierde por evaporación principalmente y en parte tal vez por filtración subterránea, como parece indicarlo el curso del río Lacajahuira.

Convendría que las autoridades dispusieran la iniciación de las investigaciones necesarias para utilizar en el futuro una parte al menos de esas aguas, por las siguientes razones:

a) se trata de un recurso íntegramente boliviano;

b) como sus márgenes son de muy baja pendiente (profundidad máxima del lago 4.0 m), las pequeñas reducciones de nivel traerán consigo apreciables disminuciones de superficie, con la consiguiente reducción de las pérdidas por evaporación;

c) una depresión de sólo 0.50 m, representa como 1 000 millones de $metros^3$ de capacidad.

En consecuencia, sería fácil contar con un volumen de embalse suficiente como para evitar las inundaciones actuales de la pampa en torno a Oruro durante la época de lluvias.

Se debería indagar la posibilidad de derivar las aguas (unos 20 km) por bombeo y construcción de túneles, a las cabeceras del río Pilcomayo. Por su pendiente,7/ ese río parece ofrecer emplazamientos convenientes para centrales eléctricas sucesivas y el aprovechamiento adicional en riego. En este sentido, pueden ayudar apreciablemente los trabajos aerofotogramétricos que se realizan en la región mediante la ayuda del Fondo Especial de las Naciones Unidas, con fines de prospección mineralógica. Un punto básico a investigar sería el grado de salinidad actual de las aguas del lago Poopó, y la posibilidad de que desaparezca - o se reduzca apreciablemente - por lavado, ya que las aguas del Desaguadero son dulces.

---

7/ En promedio del orden de 6 por mil.

/Se cita

Se cita este caso sólo como ejemplo de un recurso hidroeléctrico importante que parece no haberse investigado, no obstante presentar características que tal vez permitan clasificarlo como económicamente aprovechable junto a otros grandes proyectos. Sin duda que otros muchos importantes recursos potenciales de Bolivia permanecen ignorados en sus posibilidades. Tanto el río Grande como el Pilcomayo, en las últimas estribaciones de la Cordillera antes de echarse en los Llanos, cuentan con buenos emplazamientos para aprovechamientos energéticos que han empezado a investigarse.

Por otra parte, sólo una reducida proporción de los ríos bolivianos son alimentados por glaciares. La mayoría sigue el régimen pluvial, que es muy irregular a lo largo del año, con grandes creces en un período corto (diciembre - marzo) seguido de un prolongado estiaje, cuyos mínimos caudales coinciden precisamente con la época de demandas máximas de energía en invierno (julio - septiembre). En consecuencia, un buen aprovechamiento de los potenciales hidroeléctricos en el país, requiere de embalses reguladores, no siempre fáciles y económicos de construir, precisamente por la pronunciada pendiente de los cursos altos de los ríos y el régimen torrentoso con gran arrastre de sólidos. Sin embargo, en las cabeceras de muchos de ellos, en las altas cordilleras, pueden aprovecharse pequeñas lagunas naturales para construir obras de regularización parcial en condiciones favorables.

En los llanos nororientales, los grandes ríos - Madre de Dios, Beni, Mamoré, etc. y sus afluentes - probablemente ofrecen también posibilidades hidroeléctricas aún no investigadas, pero de características económicas menos favorables que las señaladas. Se trata aquí de grandes caudales con alturas de caída pequeñas. Esta circunstancia, agregada a su alejamiento de los centros de consumo principales, hace que su aprovechamiento se considere remoto.

El cuadro 34 es una recopilación realizada por la Junta Nacional de Planeamiento de todos los proyectos y posibles emplazamientos hidroeléctricos de que se tiene noticia. La suma de las capacidades estimadas representa tan sólo un 20 por ciento del potencial económico apreciado.

/Cuadro 34

Cuadro 34

BOLIVIA: PROYECTOS Y POSIBLES EMPLAZAMIENTOS HIDROELECTRICOS CONOCIDOS, 1960

| Zona y departamento | Nombre del proyecto o emplazamiento | Río | Capacidad estimada (kW) | Zonas de posible influencia |
|---|---|---|---|---|
| I Zona | | | | |
| La Paz | 1 Chururaqui B.P.C°. | Zongo | 16 800 | Ciudad de La Paz |
| | 2 Harca B.P.C°. | Zongo | 14 500 | Ciudad de La Paz |
| | 3 Carabuco B.P.C°. | Miguilla | 6 200 | Ciudad de Oruro y Minas COMIBOL |
| | 4 Larancota COMIBOL | Larancota | 1 200 | Mina Colquiri COMIBOL |
| | 5 Quime COMIBOL | Quime | 2 200 | Mina Bilbao COMIBOL y adyacentes |
| | 6 s/nombre | Ychoca | * | COMIBOL |
| | 7 s/nombre | Ayopaya | * | COMIBOL |
| | 8 s/nombre | Lago Titicaca | 750 000 | Mina Matilde COMIBOL y adyacentes |
| Oruro | 9 Desaguadero | Desaguadero | 28 000 | Minas COMIBOL Oruro |
| La Paz | 10 Bala | Beni | 550 000 | Mina Matilde, La Paz, combinada con riego y navegación |
| | 11 s/nombre | Yara | 5 000 | Coroico y adyacentes |
| | 12 Puente Villa | Tamampaya | 5 000 | Coroico, Irupana, FF.CC. Beni |
| | 13 San Cristóbal | San Cristóbal | 4 500 | Mina Matilde y adyacentes |
| | 14 Hichucota | Hichucota | 250 | Huarina, Peñas, Pucarani |
| | | Subtotal | 1 424 150 | |
| II Zona | | | | |
| Cochabamba | 15 Corani I | Corani | 16 000 | Ciudad de Cochabamba-Oruro |
| | 16 Corani II | Corani | 16 000 | Ciudad de Cochabamba-Oruro |
| | 17 Santa Isabel | Corani | 90 000 | Ciudad de Cochabamba-Oruro |
| | 18 Locotal | Corani | 40 000 | Ciudad de Cochabamba-Oruro |
| | 19 Montepuncu | Ibirisu | 60 000 | Ciudad de Cochabamba-Oruro |
| | 20 Misicuni | Misicuni | 50 000 | Ciudad combinada con agua potable y riego |
| | 21 Chapisirca | Chapisirca | 3 000 | Ciudad combinada con agua potable y riego |
| | 22 Chiuta | Chiuta | 50 000 | Ciudad combinada con agua potable y riego |
| | 23 Morochata | Altamachi Alto | * | Ciudad de Cochabamba-Oruro |
| | 24 San Mateo | San Mateo | 20 000 | Ciudad de Cochabamba-Oruro |
| | 25 Angosto del Ichilo | Ichilo | * | Ciudad de Cochabamba-Oruro |
| | | Subtotal | 345 000 | |
| III Zona | | | | |
| Potosí | 26 León Saltana COMIBOL | Yura | 88 000 | Minas COMIBOL |
| | 27 El Saire y Talula | Alto Pilcomayo | 18 000 | Ciudades Sucre y Potosí |
| | 28 Landara II | Visiosa | 9 000 | Minas COMIBOL PULACAYO |
| | 29 Tarapaya | Laguna Tarapaya | 1 000 | Ciudad de Potosí |
| | 30 Chiuta | Blanco y Colorado | 9 000 | Minas COMIBOL Catavi |
| | 31 Ancoma | Yura | 15 000 | Minas COMIBOL Quechisla |
| | 32 Cayara (ampliac.) | Mutayo | 1 600 | |
| | | Subtotal | 61 600 | |

/Cuadro 34 (conclusión)

Cuadro 34 (conclusión)

| Zona y departamento | Nombre del proyecto o emplazamiento | Río | Capacidad estimada (kW) | Zonas de posible influencia |
|---|---|---|---|---|
| IV Zona | | | | |
| Tarija | 33 San Jacinto I | San Jacinto | 600 | Ciudad de Tarija combinado |
| | 34 San Jacinto II | San Jacinto | 2 100 | Ciudad con riego combinado |
| | 35 Pto. Margarita | Pilcomayo | 100 000 | Ciudad de Tarija-Villamontes con riego |
| | 36 s/nombre | Gamblaya | 2 000 | Ciudad de Tarija |
| | 37 San Luis | Tarija | 4 400 | Ciudad de Tarija |
| | 38 Tomatas | Guadalquivir | 1 600 | Ciudad de Tarija |
| | 39 Angostura | Tarija | 3 000 | Ciudad de Tarija |
| | | Subtotal | 113 700 | |
| V Zona | | | | |
| Santa Cruz | 40 Yapacani I | Alto Yapacani | 5 000 | Ciudad Santa Cruz-adyacentes |
| | 41 Yapacani II | Alto Yapacani | 25 000 | Ciudad de Santa Cruz-adyacentes |
| | 42 Terebinto | Alto Yapacani | 1 000 | Ciudad de Santa Cruz-adyacentes |
| | 43 s/nombre | Ichilo | * | Ciudad de Santa Cruz-adyacentes |
| | 44 s/nombre * | Grande * | 90 000 | Ciudad de Santa Cruz-adyacentes |
| | 45 s/nombre | Parapetí | * | Ciudad de Santa Cruz-adyacentes |
| | 46 s/nombre | Piraí | * | Ciudad de Santa Cruz-adyacentes |
| | | Subtotal | 121 000 | |
| VI Zona | | | | |
| Beni | 47 s/nombre | Beni | * | Parte Oriental de Bolivia |
| | 48 s/nombre | Mamoré | * | Grandes posibilidades de explotación energética |
| | 49 s/nombre | San Miguel | | |
| | 50 s/nombre | Baures | * | |
| Pando | 51 s/nombre | Madre de Dios | * | |
| | 52 | Orthon | * | |
| | | Total | 1 630 450 | |

* Combinado con riego, control de inundaciones, energía eléctrica y colonización.

/Aunque se

Aunque se reconozca que los recursos hidroeléctricos con que cuenta Bolivia superarán por mucho tiempo sus necesidades, y no sea indispensable de momento realizar un estudio minucioso de todos los sitios potenciales existentes, se debe insistir en la necesidad de que se destinen los medios indispensables para la confección de un inventario de carácter general siguiendo un orden de prioridades (sin investigaciones de detalle de cada emplazamiento), pero lo más completo posible de los recursos hidráulicos del país y, sobre todo, el mejoramiento de sus mediciones de caudal.

Son indiscutibles las ventajas técnicas y económicas que se obtendrán de un conocimiento cabal de las características hidrológicas de las principales caídas de agua, con series estadísticas extensas, cuando llegue el momento de aprovecharlas. Además, ello servirá también para eliminar algunas controversias existentes sobre la utilización más conveniente de ciertos proyectos alternativos.

Fuera de los proyectos hidroeléctricos de Coraní, Carabuco II y Chururaqui, que tienen estudios bastante completos, los otros emplazamientos potenciales que se citan en Bolivia como aprovechamientos posibles a corto y mediano plazo - Alto Pilcomayo, Santa Isabel, Locotal, San Mateo, Montepunco, Río Grande y Yapacani - cuentan en general con escasísima información, principalmente en materia de hidrología. En el cuadro 35 se presenta un resumen de los antecedentes fluviométricos y pluviométricos disponibles para cada uno de ellos, que confirman la necesidad inmediata de iniciar mediciones hidrológicas sistemáticas, al menos en esos lugares.

## II. GENERACION Y DEMANDA DE ELECTRICIDAD

Sólo ha sido posible recolectar las estadísticas pertinentes para unos cuantos años, incluyendo uno anterior a la segunda guerra mundial, con el fin de analizar los rasgos más generales de la evolución del sector. (Véanse el cuadro 36 y después el 43.)

### 1. Generación de energía eléctrica

La producción total de electricidad en 1959 fue de 455 millones de kWh,[8/] que representó por habitante como la mitad del consumo promedio en América Latina. El cuadro 37, que en la última columna relaciona el consumo de

8/ Aunque se dispone de alguna información correspondiente a 1960 y 1961, se recurre frecuentemente al año 1959, por tenerse para ese año otras informaciones de la economía general del país que no se cuentan aún para años posteriores.

Cuadro 35

BOLIVIA: ANTECEDENTES HIDROLOGICOS DISPONIBLES ACTUALMENTE PARA LOS EMPLAZAMIENTOS POTENCIALES CONSIDERADOS DE APROVECHAMIENTO PROBABLE HASTA 1980 a/

1. Proyecto Alto-Pilcomayo. Existen solamente reconocimientos de dos angostos: El Saire, Acalea y Talula. Se estimó muy aproximadamente el escurrimiento.

Estadística fluviométrica: no existe para las zonas del embalse.

Estadística pluviométrica en:

Yocalla: Desde 1945 a 1959 con algunas interrupciones. Podría obtenerse alguna información fluviométrica de la Central Hidroeléctrica Yocalla perteneciente a la Empresa Bolivia - Tin Corporation.

Condo: Desde 1946 a 1952. Con interrupciones.

Potosí: Ferrocarriles desde 1945 a la fecha. Servicio Meteorológico Boliviano 1946 a 1958.

Yotala: Desde 1946 a 1959.

Sucre: Servicio Meteorológico Boliviano. Desde 1945 a 1957. LAB 1957 a la fecha.

Ferrocarril Potosí-Sucre: Puente sobre río Pilcomayo. No se conoce el período de observaciones.

2. Proyecto Santa Isabel. Proyecto ubicado sobre el río Santa Isabel, afluente del río Paracti. Trabajaría en serie hidráulica con la Central Corani.

Estadística fluviométrica en: No existen en la zona de la Central. Se tienen tan sólo los aforos del río Corani (de 1953 a la fecha), que con la Central del mismo nombre en proyecto, descargará a la cuenca de los ríos Vinto-Santa Isabel.

Estadística pluviométrica en:

Pampa Tambo: Desde 1932 a la fecha, con algunas interrupciones.

Incachaca: Desde 1933 a 1953.

Locotal: Se efectúan lecturas desde marzo 1961 a la fecha.

Corani: Desde 1953 a la fecha.

3. Proyecto Locotal. Ubicado sobre el río Paracti. Utilizaría las aguas de los ríos Roncon y Paracti. El último formado a su vez por el Santa Isabel y el Málaga empleados previamente en la Central Santa Isabel el primero, y parcialmente en la Central Incachaca el segundo.

Estadística fluviométrica: Se efectúan aforos de los ríos Paracti y Ronco solamente en la época de estiaje desde el año 1959.

Estadísitca pluviométrica: Se podrían utilizar las estadísticas de Incachaca y Corani.

4. Proyecto San Mateo. Ubicado en el Río de San Mateo. Existen sólo reconocimientos.

Estadística fluviométrica. No existe.

Estadística pluviométrica. Existen 2 años de estadísticas pluviométricas del lugar en los años 1951 y 1952.

5. Proyectos Montepunco. Ubicado sobre el río Ivirizu, con captación de los afluentes Paccha y Palca.

Estadística fluviométrica:

a) Río Ivirizu: enero de 1954 a octubre de 1956.
b) Río Paccha: mayo a octubre de 1956.
c) Río Palca: mayo a octubre de 1956.

Estadística pluviométrica:

Sehuencas: Mitad del año 1954 y todo el año 1955 y desde 1960 a la fecha.

Todos los Santos: Desde 1946 a la fecha con algunas interrupciones

6. Proyecto hidroeléctrico y de riego en río Grande. Ubicado sobre el río Grande, aprovechamiento múltiple para riego, generación eléctrica, y control de inundaciones.

Estadística fluviométrica: Se dispone de aforos sobre río Grande en el puente del ferrocarril Yacuiba-Santa Cruz durante los años 1945 a 1954.

Hay una extensión de esa estadística (2 años más) por correlación con caudales en el río Pilcomayo.

/Cuadro 35 (Conclusión)

Cuadro 35 (conclusión)

Estadísticas pluviométricas en:

| | | |
|---|---|---|
| Vallegrande | desde | 1945 a 1958 |
| Reducción | " | 1945 a 1954 con interrupciones |
| Río Grande F.C. | " | 1945 a 1959 |
| Abapó | " | 1948 a 1949 y 1951 |
| Comarapa | " | 1952 a 1953 |
| Aiquile | " | 1945 a 1956 |
| Mizque | " | 1955 a 1959 |
| Arani | " | 1957 a 1959 |
| Cliza | " | 1945 a 1952 y 1958 a la fecha |
| Tarata | " | 1958 a 1959 |
| Capinota | " | 1945 a la fecha con interrupciones |
| Cochabamba | " | 1945 a la fecha |
| Sacaba | " | 1945 a 1959 con interrupciones |
| Anzaldo | " | 1945 a 1952 |

7. Proyecto Yapacani. Ubicado sobre el río Yapacani cerca de Santa Cruz.

Estadística fluviométrica: No se dispone de ninguna.

Estadística pluviométrica: Se dispone de estadística en las siguientes estaciones:

| | | |
|---|---|---|
| Mairana: | desde | 1948 a 1952 |
| Comarapa: | " | 1952 a 1953 |
| Pampa Grande: | " | 1958 a 1959 |

a/ Se exceptúan Carabuco II, Corani Chapisirca que tiene mejores informaciones.

/Cuadro 36

Cuadro 36

BOLIVIA: GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA

(Millones de kWh)

| Año | Servicio público | Autogeneración | Total |
|---|---|---|---|
| 1938 | 64 | 125 | 189 |
| 1949 | 165 | 156 | 321 |
| 1955 | 216 | 171 | 387 |
| 1959 | 286 | 169 | 455 |
| 1960 | (339) | (140) | 479 |

Fuente: Junta Nacional de Planeamiento e informaciones varias elaboradas por la CEPAL.

/Cuadro 37

Cuadro 37

AMERICA LATINA: RELACION ENTRE LA GENERACION DE ELECTRICIDAD Y EL PRODUCTO BRUTO POR HABITANTE. PROMEDIO 1955-58

| País | Producto bruto por habitante (dólares de 1950) | Generación de electricidad por habitante (kWh) | Relación generación producto (kWh/dólar) |
|---|---|---|---|
| Argentina | 569 | 343 | 0.60 |
| Bolivia | 98 | 112 | 1.14 |
| Brasil | 232 | 226 | 0.97 |
| Colombia | 250 | 166 | 0.66 |
| Chile | 321 | 546 | 1.70 |
| Ecuador | 141 | 60 | 0.43 |
| Paraguay | 113 | 36 | 0.32 |
| Perú | 162 | 165 | 1.02 |
| Uruguay | 379 | 333 | 0.88 |
| Venezuela | 926 | 442 | 0.48 |
| Costa Rica | 250 | 276 | 1.10 |
| Cuba | 381 | 293 | 0.77 |
| El Salvador | 169 | 63 | 0.37 |
| Guatemala | 160 | 47 | 0.29 |
| Haití | 85 | 21 | 0.25 |
| Honduras | 157 | 36 | 0.23 |
| República Dominicana | 212 | 65 | 0.31 |
| México | 254 | 229 | 0.90 |
| Nicaragua | 183 | 97 | 0.53 |
| Panamá | 285 | 136 | 0.48 |
| América Latina | 285 | 245 | 0.86 |

Fuente: Informaciones directas y publicaciones varias, elaboradas por la CEPAL.

/electricidad con

electricidad con el producto bruto por habitante (1955-58), muestra sin embargo que Bolivia supera el consumo que le correspondería de acuerdo con el nivel de su producción nacional como consecuencia del elevado insumo de la actividad minera de exportación.

El lento desarrollo de la electricidad que se observó en los años cuarenta se ha agravado aún más en los últimos diez años. En efecto, mientras en el período 1938-49, la tasa de crecimiento acumulativa anual de la generación total fue de 5 por ciento, entre los años 1949-59 llegó sólo a 3.6 por ciento. Compárense estas cifras con las correspondientes al conjunto de los países de América Latina de 6.7 y 9.1 por ciento, respectivamente, considerando además que a los de menor desarrollo eléctrico les corresponden las tasas más altas.[9/]

La tendencia declinante, que en los últimos años presenta síntomas de detenerse,[10/] refleja la evolución desfavorable de la economía del país sobre todo en la última década, y muy especialmente en los sectores de la minería y de las industrias manufactureras. (Véase el cuadro 38.)

Las relaciones de carácter general que en él se presentan entre el consumo de electricidad y el producto bruto merecen algunas observaciones, aparte de reconocer que el aumento más rápido del consumo de electricidad con relación a la producción es un fenómeno universal, determinado por la tendencia creciente al incremento de la electrificación de las economías.[11/]

El ligero aumento del consumo anual de electricidad en los procesos de extracción y concentración del estaño no obstante haber disminuido la producción neta total de éste, obedece a la reducción paulatina de las leyes de los minerales explotados en las principales minas. Tal reducción ha significado un aumento permanente de la energía requerida por tonelada de estaño fino producido, sin que se introdujeran modificaciones tecnológicas

---

9/ Por ejemplo, Nicaragua, 16.4 por ciento; El Salvador, 14.8 por ciento; Honduras, 13.9 por ciento, etc.

10/ En el período 1955-60 la tasa anual fue de 4.3 por ciento.

11/ El consumo eléctrico en el conjunto de los países de América Latina creció proporcionalmente al cubo de la producción y en Europa al cuadrado de ella durante la década de 1950.

/Cuadro 38

Cuadro 38

BOLIVIA: EVOLUCION DEL PRODUCTO BRUTO INTERNO - A PRECIOS FIJOS - Y DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD KWH

(Números índices - Año 1950 = 100)

| | 1950 | 1955 | 1957 | 1959 |
|---|---|---|---|---|
| Producto bruto interno | | | | |
| Total | 100 | 104 | 96 | 104 |
| Minería | 100 | 98 | 91 | 71 |
| Industrias manufactureras | 100 | 115 | 75 | 87 |
| Consumo de electricidad | | | | |
| Total | 100 | 120 | 109 | 141 |
| Minería a/ | 100 | 107 | 100 | 107 |
| Industrias manufactureras | 100 | 113 | 90 | 97 |

Fuente: CEPAL a base de informaciones básicas de la Junta Nacional de Planeamiento.

a/ Se estimó y descontó el consumo de electricidad en los campamentos.

/sustanciales en

sustanciales en el tratamiento de los minerales. Así, mientras en 1956 se consumieron como promedio en las minas de COMIBOL 3 627 kWh/ton de estaño fino, en 1959 se elevaron a 5 157 kWh/ton.

En Bolivia, en relación con su población, los servicios eléctricos de carácter público figuran entre los menos desarrollados del continente. Su producción (1959), descontado el suministro de la Bolivian Power Company a las minas, fue sólo de 55 kWh/hab contra un promedio regional de 260 kWh/hab. Tan baja producción se debe en apreciable medida a la insuficiencia de las instalaciones generadoras y distribuidoras de energía, circunstancia que con frecuencia obliga a imponer drásticos racionamientos, especialmente en épocas de estiaje, además de rechazar solicitudes de nuevos abonados. Se estima que el déficit de energía sólo en los principales sistemas públicos de Cochabamba, Potosí, Sucre y Santa Cruz fue en 1959 de 25 millones de kWh, es decir, como un 27 por ciento de su producción real. Posteriormente, en 1960 y 1961, este déficit ha continuado aumentando. Esta situación común a casi todos los servicios públicos constituye un gravísimo obstáculo para el desarrollo económico del país.

2. Capacidad instalada y participación del recurso hidráulico

La capacidad instalada efectiva se estimó en 125.2 MW para todo Bolivia en 1959,[12/] arrojando un promedio de más o menos 34 watts por habitante, cifra muy baja si se tiene en cuenta que el promedio respectivo para toda América Latina fue de 84 watts. Si sólo se consideran los servicios públicos, la capacidad por habitante se reduce a 22 watts, contra 63 como promedio regional Las cifras disponibles sobre 1960 arrojan en total 127 MW instalados, es decir, la situación es prácticamente la misma que imperaba en 1959.

---

12/ La suma de las capacidades de placa arrojó aproximadamente 130 MW. de los cuales casi 5 MW son sólo nominales por haber cumplido en exceso su vida útil o porque la capacidad máxima de las obras hidráulicas correspondientes es inferior a la capacidad de placa. Estas cifras, según la Junta Nacional de Planeamiento, excluyen la capacidad instalada de la minería pequeña, así como la de algunas industrias autogeneradoras y servicios públicos menores.

/Tomando en

Tomando en cuenta los racionamientos impuestos principalmente a las horas de máxima demanda, y las solicitudes de nuevos abonados que se mantenían pendientes, se calcula que el déficit de la capacidad instalada - incluyendo una prudente capacidad de reserva - se elevó en 1960 a 11 MW para el total de los sistemas públicos del país, exceptuando los atendidos por la Bolivian Power Company. En éstos, si bien la situación no era tan crítica, también se consideraba alarmante por la reducida capacidad de reserva con que contaban. El exceso de la capacidad disponible en el sistema de La Paz sobre la demanda máxima de ese año fue sólo de 4.7 MW, es decir, aproximadamente la mitad de la unidad más grande en operación, que es de 9.9 MW (central Sainani). En el de Oruro ese exceso fue de 3.3 MW, o sea también como la mitad de la unidad mayor, que es de 6.3 MW (central Carabuco). Es decir, que ya entonces esas máquinas no podían ser sacadas de servicio para someterlas a revisión o reparación, sin imponer restricciones en las horas de demanda máxima, y se preveía que aún con ellas en operación, ambos sistemas serían objeto de racionamientos cada vez más severos a partir del invierno de 1961. Más adelante se examinarán las causas mediatas que han llevado a la industria eléctrica del país a tan difícil situación.

En el desarrollo de la producción de electricidad en Bolivia han desempeñado siempre un papel muy importante los recursos hidráulicos, que con ligeras fluctuaciones temporales han cubierto entre el 80 y el 86 por ciento de la producción total del país. De los países de América Latina sólo en El Salvador, Costa Rica y Brasil la hidroelectricidad participa con una proporción tan alta para satisfacer el total de las necesidades eléctricas nacionales, pues en los últimos años desdenció apreciablemente en el Perú y el Uruguay.

La importancia de los recursos hidráulicos es aún mayor en lo que respecta a los servicios de utilidad pública, ya que en los 20 años últimos han cubierto entre el 94 y el 98 por ciento de su producción. Sin embargo, en los últimos 5 años se observa una ligera declinación de la participación hidroeléctrica, como consecuencia principalmente de una falta de planificación de las instalaciones para cubrir las necesidades futuras. Por ejemplo, en ciudades como Cochabamba y Sucre se ha recurrido en repetidas ocasiones a la instalación de grupos diesel eléctricos con la sola

/justificación de

justificación de un plazo mínimo para solucionar perentoriamente graves crisis eléctricas - como las que atraviesan actualmente casi todos los sistemas del país - en circunstancias en que se conocía ya la existencia de ventajosos recursos hidroeléctricos cercanos a ambos centros de consumo.

Naturalmente, la capacidad hidráulica instalada total de Bolivia ha crecido simultáneamente con ese tipo de producción, llegando en 1959 a 88 MW, valor que se ha mantenido en 1960. En los sistemas de servicio público se elevó la capacidad hidroeléctrica de 17 MW en 1938 a 38 MW en 1949, a 52 MW en 1955 y a 67 MW en 1959, año en que respresentaba 89 por ciento de la capacidad total de esos servicios. En 1960 se mantuvieron en ellos los 67 MW hidroeléctricos del año anterior.

Los cuadros 39, 40, 41 y 42 recogen las estadísticas de 1959 sobre la capacidad instalda, la producción de electricidad, la composición por productor y la respectiva participación hidráulica de cada una de las 6 zonas en que ha sido dividido el país para estos estudios.

La zona I, que comprende casi íntegramente los departamentos de La Paz y Oruro, abarcando la cuenca alta del río Beni y una parte apreciable de la cuenca formada por los lagos Titicaca, Poopó y Coipasa, es la más electrificada del país. Dispone del 62 por ciento de la capacidad instalada total y produjo casi el 70 por ciento de la electricidad de Bolivia en 1959. El 46 por ciento de esa producción fue consumida por la minería, que es a su vez propietaria de la mayor parte de la capacidad clasificada como autoproductora. La hidroelectricidad representa el 88.5 por ciento de la capacidad y el 94 por ciento del total generado, porcentajes ambos que pasan del 99 por ciento en los servicios públicos. En esta zona hay 69 MW hidroeléctricos instalados que representan el 78 por ciento de la capacidad hidráulica del país. De ellos 60.8 MW pertenecen a la Bolivian Power Company propietaria de los dos sistemas que alimentan a las ciudades de La Paz, Oruro y una parte de las minas de COMIBOL, también situadas en esta zona.

La zona II comprende la mayor parte del departamento de Cochabamba. Forma parte de la cuenca del río Mamoré a través de importantes afluentes como el Isiboro, El Chapare y el Ichilo, de la cuenca del Río Grande, a través de sus afluentes Caine y Mizque, y de la cuenca del Alto Beni, a través de sus afluentes Cotacajes, Santa Elena y Altamachi. Tiene en total

/Cuadro 39

Cuadro 39

BOLIVIA: CAPACIDAD ELECTRICA INSTALADA, 1959

(MW)

| Destino capacidad instalada / Zona | I | II | III | IV | V | VI | País |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Autoproducciones | | | | | | | |
| Hidroeléctrica | 8.7 | 0.4 | 12.4 | - | - | | 21.5 |
| Termoeléctrica | 8.3 | 2.1 | 14.1 | 0.6 | 3.2 | 0.3 | 28.6 |
| Total | 17.0 | 2.5 | 26.5 | 0.6 | 3.2 | 0.3 | 50.1 |
| Servicios públicos | | | | | | | |
| Hidroeléctrica | 60.1 | 4.6 | 2.1 | 0.1 | - | - | 66.9 |
| Termoeléctrica | 0.6 | 4.1 | 1.6 | 0.6 | 1.0 | 0.3 | 8.2 |
| Total | 60.7 | 8.7 | 3.7 | 0.7 | 1.0 | 0.3 | 75.1 |
| Total | | | | | | | |
| Hidroeléctrica | 68.8 | 5.0 | 14.5 | 0.1 | - | - | 88.4 |
| Termoeléctrica | 8.9 | 6.2 | 15.7 | 1.2 | 4.2 | 0.6 | 36.8 |
| Total | 77.7 | 11.2 | 30.2 | 1.3 | 4.2 | 0.6 | 125.2 |

/Cuadro 40

Cuadro 40

BOLIVIA: PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA, 1959
(Millones de kWh)

| Destino producción / Zona | I | II | III | IV | V | VI | País |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Autoproductores** | | | | | | | |
| Hidroeléctrica | 54 | 3 | 41 | | | - | 98 |
| Termoeléctrica | 17 | 4 | 38 | 1.5 | 8.5 | 2 | 71 |
| Total | 71 | 7 | 79 | 1.5 | 8.5 | 2 | 169 |
| **Servicio público** | | | | | | | |
| Hidroeléctrica | 244.5 | 17 | 5 | 0.5 | | | 267 |
| Termoeléctrica | 1.5 | 6.5 | 1.5 | 4 | 3.5 | 2 | 19 |
| Total | 246 | 23.5 | 6.5 | 4.5 | 3.5 | 2 | 286 |
| **Total** | | | | | | | |
| Hidroeléctrica | 298.5 | 20 | 46 | 0.5 | | | 365 |
| Termoeléctrica | 18.5 | 10.5 | 39.5 | 5.5 | 12 | 4 | 90 |
| Total | 317 | 30.5 | 85.5 | 6 | 12 | 4 | 455 |

/Cuadro 41

Cuadro 41

BOLIVIA: COMPOSICION POR ZONAS DE LA CAPACIDAD INSTALADA Y DE LA GENERACION DE ELECTRICIDAD, 1959

(Porcientos)

| Zona | Autoproductores | | Servicio público | | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| | Capacidad | Generación | Capacidad | Generación | |
| I | 21.9 | 22.4 | 78.1 | 77.6 | 100 |
| II | 22.3 | 22.9 | 77.7 | 77.1 | 100 |
| III | 87.7 | 92.4 | 12.3 | 7.6 | 100 |
| IV | 46.2 | 25.0 | 53.8 | 75.0 | 100 |
| V | 76.2 | 70.8 | 23.8 | 29.2 | 100 |
| VI | 50.0 | 50.0 | 50.0 | 50.0 | 100 |
| País | 40.0 | 37.2 | 60.0 | 62.8 | 100 |

/Cuadro 42

Cuadro 42

BOLIVIA: PARTICIPACION HIDRAULICA EN LA CAPACIDAD INSTALADA Y LA GENERACION POR TIPO DE SERVICIO, 1959

(Porcientos)

| Zona | Autoproductores | | Servicio público | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Capacidad | Generación | Capacidad | Generación | Capacidad | Generación |
| I | 50.8 | 76.1 | 99.1 | 99.4 | 88.5 | 94.1 |
| II | 19.1 | 42.8 | 52.8 | 72.4 | 44.6 | 65.6 |
| III | 46.8 | 51.9 | 56.8 | 76.9 | 47.7 | 53.8 |
| IV | - | - | 14.3 | 11.1 | 7.7 | 8.3 |
| V | - | - | - | - | - | - |
| VI | - | - | - | - | - | - |
| País | 43.1 | 58.0 | 89.2 | 93.4 | 70.9 | 80.2 |

/11 MW instalados

11 MW instalados, siendo el 45 por ciento de ellos hidráulicos. Aunque limita con las zonas I y III - donde las minas son importantes productoras y consumidoras de electricidad - menos del 1 por ciento se destina a tal fin en esta zona. Fuera de la industria del petróleo, la autoproducción eléctrica está ligada principalmente a industrias de base agropecuaria: granos, frutas, carnes y cueros. De los 30.5 millones de kWh producidos en 1959 el 77 por ciento correspondieron a los servicios públicos, y el 66 por ciento fueron de generación hidroeléctrica. Se apreció que los sistemas de servicio público principales en la zona habrían requerido en 1960 unos 3.5 MW adicionales de capacidad para servir la demanda con un grado de seguridad adecuado.

La zona III abarca el departamento de Potosí y una fracción importante del de Chuquisaca. Forma parte de las cuencas de los ríos Grande y Pilcomayo y de la zona árida que drena al lago Poopó y al Salar de Uyuni. Se caracteriza porque la autoproducción eléctrica supera grandemente a la capacidad de los servicios públicos. En efecto, de 30 MW instalados sólo póco más del 12 por ciento corresponde a empresas de servicio público, perteneciendo el saldo principalmente a las empresas mineras, aunque en la subzona de Chuquisaca existen pequeñas plantas generadoras propias de otras industrias, cemento, petróleo, etc. Es la de mayor producción eléctrica después de la zona I. Con 85 millones de kWh generados en 1959, su participación sobre el total nacional se eleva a 19 por ciento. En esa producción la energía hidroeléctrica fue de casi 54 por ciento. Se estimó que en los sistemas de servicio público se habrían requerido unos 4.5 MW adicionales para servir convenientemente la demanda de la zona en 1960.

La zona IV comprende al departamento de Tarija y tributa a los ríos Pilcomayo y Bermejo. Su escaso desarrollo eléctrico registró sólo 6 millones de kWh en 1959, o sea poco más del 1 por ciento de la producción total del país. La hidroelectricidad participó apenas en un 8 por ciento. La autoproducción - térmica en su totalidad - está representada por la industria del petróleo. Se apreció que en el sistema público de la ciudad de Tarija se habrían requerido 800 kW adicionales sobre los 500 kW disponibles para servir adecuadamente la demanda en 1960.

/La zona

La zona V comprende la mayor parte del departamento de Santa Cruz y una fracción del de Chuquisaca. Hidrológicamente tributa a las cuencas de tres ríos: Grande-Mamoré, Itenez y Paraguay. Su desarrollo eléctrico es reducido - en 1959 no llegó al 3 por ciento de la producción total - por su bajo desarrollo económico. Sin embargo, éste se ha incrementado apreciablemente en los últimos años con el establecimiento de tres importantes vías de comunicación para esta amplia zona agropecuaria: la carretera Cochabamba-Santa Cruz y los ferrocarriles internacionales al Brasil (Corumbé-Santa Cruz) y a la Argentina (Yacuiba-Santa Cruz). Los ingenios azucareros y la industria petrolera son los principales consumidores y productores de electricidad. Representan más de las 3 cuartas partes de la capacidad productora, con equipos de reciente instalación, en tanto que los servicios públicos, sin dinamismo, han quedado rezagados por insuficientes y obsoletos. No existe central hidroeléctrica alguna. Para esta región se estimó que los servicios públicos necesitaban como 1.5 MW de capacidad adicional para atender convenientemente la demanda en 1960.

Finalmente la zona VI, la más extensa de todas, es la de menor densidad de población y desarrollo. La atraviesan los ríos más caudalosos de Bolivia formando parte de sus respectivas cuencas el Mamoré (con su afluente el Itenez o Guaporé) y el Beni (con sus afluentes el Tahuamanu y el Madre de Dios) que forman el Madera, que a su vez recibe como afluente al Abuná. No tiene central hidroeléctrica alguna y las térmicas que existen son pequeñas, distribuidas en unas cuantas poblaciones y establecimientos industriales de base agropecuaria. Se apreció en unos 500 kW la capacidad adicional necesaria para atender convenientemente los pequeños servicios públicos de la zona.

El cuadro 43 resume las principales características de las centrales hidroeléctricas más importantes que se encontraban en operación en 1960. Puede advertirse que en promedio las alturas de caída son relativamente altas y con caudales pequeños. Esta circunstancia, agregada al hecho de que en las cabeceras de los ríos es factible la instalación de centrales en serie hidráulica, por no haber en general otros usos alternativos del agua, hace que sean muy pequeños los volúmenes anuales realmente comprometidos en la producción eléctrica.

/Cuadro 43

Cuadro 43

BOLIVIA: CENTRALES HIDROELECTRICAS MAS IMPORTANTES EN 1960

| Central | Año instalación | Río | Tipo | Capacidad instalada (kW) | Producción 1959 (millones kWh) | Altura caída (metros) | Caudal medio (m3/seg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | A. En explotación | | | | |
| ona I | | | | | | | |
| Achachicala | 1909-53 | Milluni | Embalse | 4 600 | 12.94 | 449 | 0.50 |
| Zongo | 1929-48 | Zongo | Embalse | 4 800 | 6.79 | 384 | 0.13 |
| Botijlaca | 1938-41 | Zongo | Pasada | 3 600 | 17.17 | 382 | 0.37 |
| Cuticucho | 1942-55 | Zongo | Pasada | 8 700 | 36.35 | 662 | 0.32 |
| Santa Rosa I | 1952 | Zongo | Pasada | 2 800 | 46.81 | 183 | 0.83 |
| Santa Rosa II | 1955 | Coscapa | Pasada | 6 800 | | 835 | 0.32 |
| Sainani | 1956 | Zongo | Pasada | 9 900 | 26.06 | 274 | 1.00 |
| Miguilla | 1931 | Miguilla | Embalse | 2 600 | 6.96 | 489 | 0.28 |
| Angostura | 1936 | Miguilla | Embalse | 3 900 | 17.45 | 533 | 0.68 |
| Choquetanga | 1939-44 | Choquetanga | Pasada | 6 700 | 37.25 | 488 | 1.55 |
| Carabuco I | 1958 | Carabuco | Pasada | 6 400 | 39.07 | 352 | 1.79 |
| Calpani | ... | Viloco | Pasada | 510 | 4.80a/ | 309 | ... |
| Tanapaca | ... | Viloco | Pasada | 510 | | 438 | ... |
| Pongo | ... | Caracoles | Pasada | 1 000 | 5.90 | ... | ... |
| Calatranca | ... | Caracoles | Pasada | | | | |
| Rea-Rea | | Colquiri | Pasada | 2 300 | 19.50b/ | 460 | ... |
| Lupi Lupi | ... | Catavi | Embalse | 1 300 | 8.00b/ | 128 | ... |
| Chaquiri | ... | Catavi | Embalse | 970 | 3.30b/ | 39 | ... |
| Bolsa Negra | ... | | Pasada | 600 | 1.10 | 411 | 0.07 |
| ona II | | | | | | | |
| Incachaca | 1914-49 | Malaga | Pasada | 2 160 | 8.70 | 188 | 0.80 |
| Chocaya | 1910 | Chocaya | Pasada | 120 | 0.38 | 88 | 0.07 |
| Angostura | 1954 | Sulti | Embalse | 2 120 | 0.44 | 58 | 1.20 |
| Supayhuasi | ... | Kami | Pasada | 350 | ... | ... | ... |
| ona III | | | | | | | |
| Tullma | 1922 | Cachimayo | Pasada | 380 | ... | 22 | 1.50 |
| Duraznillo | 1915 | Cachimayo | Pasada | 100 | ... | 8 | 0.60 |
| Cayara | | | Embalse | 1 600 | 2.99 | 110 | 0.29 |
| Quilpani | | Yura | Embalse | 5 600 | c/ | 260 | ... |
| Punutuma | | Yura | Embalse | 2 400 | c/ | 102 | ... |
| Landara | | Yura | Embalse | 1 600 | c/ | 104 | ... |
| Yocalla | ... | Pilcoyo | | 1 100 | 2.9b/ | 48 | ... |
| ona IV | | | | | | | |
| Angosto | | Guadalquivir | Pasada | 100 | | | 0.20 |
| | | | B. En proyecto | | | | |
| ona I | | | | | | | |
| Chururaqui | | Zongo | Embalse | 20 000d/ | | | |
| Carabuco II | | Miguilla | Embalse | 6 200 | | | |
| ona II | | | | | | | |
| Corani | | Corani | Embalse | 32 000 | | 620 | 2.40 |
| Chapisirca | | Titiri | Embalse | 18 000 | | 1 340 | 0.45 |

a/ Promedio anual.
b/ 1958.
c/ La central estaba en reparación total en 1959.
d/ Según otras informaciones tiene sólo 16 800 kW.

/Por ejemplo,

Por ejemplo, en el río Zongo, cada metro$^3$ de agua embalsada en la presa del mismo nombre pasa por las centrales Zongo, Botijlaca, Cuticucho, Santa Rosa I y Sainani (con una caída total de 1 885 metros) y representa aproximadamente 4.2 kWh. Es así como para una producción media anual de 130 millones de kWh en el sistema de la Bolivian Power Company en la Paz, no se comprometen más de 50 millones de metros$^3$ de agua, vale decir que la altura promedio de caída aprovechada para generación eléctrica en ese sistema es actualmente de 1 170 metros más o menos. La central en proyecto de Chururaqui agregará su altura al empleo escalonado del río y hay aún otras muchas posibilidades de aprovechamientos sucesivos, pues la central de Sainani se encuentra aproximadamente a los 2 100 metros de altura sobre el nivel del mar.

Asímismo en el sistema de Oruro cada metro$^3$ embalsado en la presa de Miguilla es aprovechado actualmente en forma sucesiva en la central del mismo nombre y luego en Choquetanga y Carabuco con una altura de caída combinada de 1 329 metros. Para una producción media anual en el sistema - que incluye además la central de Angostura - de 90 millones de kWh, se comprometen solamente unos 57 millones de metros$^3$ de agua, lo que significa que la altura promedio de caída aprovechada para generación eléctrica es - por metro$^3$ - de 710 metros, actualmente. Aguas abajo, el río es susceptible de otros aprovechamientos ya que la última central construida (Carabuco) está a 2 873 metros sobre el nivel del mar.

Algo similar, pero con centrales mucho mayores, acontecerá en la cuenca alta del río Chapare con los proyectos de Corani, Santa Isabel y Locotal. En todo Bolivia puede estimarse que el volumen de agua anual comprometido en producción hidroeléctrica (1960) no es superior a unos 300 millones de metros cúbicos.[13/]

Si se compara por ejemplo con Chile - país dotado de buenos recursos hidroeléctricos y que realiza un acertado aprovechamiento de ellos - se ve que en 1957 este fuero produjo 7 veces más electricidad de origen hidraúlico que Bolivia, pero comprometiendo en ello 30 veces más cantidad de agua.

Solamente las centrales de Achachicala (La Paz), la de Angostura (Cochabamba) y la de Catavi representan casos en que el agua se utiliza de inmediato con otro fin adicional: la descarga de la primera alimenta al servicio de agua potable de la ciudad; la segunda trabaja supeditada

13/ Equivale aproximadamente a un caudal medio de 10 m$^3$/seg.

/a las

a las necesidades de riego del sistema de Angostura - abastecido por la presa del mismo nombre -, y el embalse de la tercera satisface simultáneamente otras necesidades relacionadas con la explotación minera y la vida en el campamento correspondiente. En el proyecto de Chapisirca se prevé el suministro de agua potable y la producción de energía eléctrica para la ciudad de Cochabamba.

Por la escasez de antecedentes disponibles en materias de suelos y agua, y dada la utilización en reducida escala que se hace hoy de esos recursos, parece prematuro referirse a las interferencias o conflictos que plantearán en el futuro los aprovechamientos hidroeléctricos con relación al óptimo empleo del agua para la vida económica del país. Sin embargo, en términos generales puede señalarse que más que interferencias se prevén, por el contrario, favorables condiciones de complementación.

Los pequeños embalses en la cordillera construidos para las necesidades de las centrales hidroeléctricas, y cuyo financiamiento es posible a través de la energía, disminuyen el efecto nocivo de las creces de los ríos y de la erosión de los suelos merced a su efecto regularizador en el escurrimiento del agua. Por otra parte favorecen notablemente la piscicultura, además de la recreación y la caza.

Si se considera que en la región alta del país (altiplano y valles) a) hay abundancia de recursos hidroeléctricos, y que esa energía es relativamente económica de transmitir; b) que son escasas las tierras aptas para la agricultura, y a ello se agrega un regimen pluvial reducido y mal distribuido; y c) que vive cerca del 85 por ciento de la población del país y que el suministro municipal de agua, cubriendo inclusive las necesidades de la industria tiene gran importancia para la vida nacional, se desprende lógicamente que, en los casos en que la producción hidroeléctrica entre el conflicto con esos otros usos del agua, convendrá dar prioridad a los abastecimientos municipales y al riego.

Con relación a las necesidades en los llanos de los ríos Beni y Mamoré, obsérvese que no hay prácticamente necesidades de riego, dado el régimen pluvial imperante. Por el contrario, los problemas se tornan al control de inundaciones y al avenamiento, además del mejoramiento de las condiciones de navegabilidad de los principales afluentes. Las centrales eléctricas que se construyen en las cabeceras de ambas cuencas - que como se vieron antes parecen muy ricas en recursos energéticos - favorecerán las condiciones del escurrimiento hidráulico a través de los correspondientes embalses regularizadores.

## III. CARACTERISTICAS DEL CONSUMO Y SUS DISTORSIONES

La información más detallada de que se dispone en relación con la estructura del consumo de electricidad corresponde a La Paz, Cochabamba, Oruro, Sucre y Tarija, que representan en conjunto cerca del 95 por ciento del consumo urbano en todo el país.

El consumo doméstico en los centros indicados representó en conjunto aproximadamente el 57 por ciento del urbano (1960). La participación de los otros tipos de consumo fue: industrias, 20 por ciento; comercio, 17 por ciento, y alumbrado público - más algunos consumos de tipo oficial -, 6 por ciento. El cuadro 44 ofrece en forma aproximada la evolución del consumo de electricidad en los últimos años por tipo de consumidor.

Antes de examinar las proyecciones de la demanda y las necesidades de inversión, es necesario analizar algunos factores de distorsión que han contribuido en medida apreciable a desequilibrar la industria eléctrica, aparte la falta de programación anticipada que se mencionó anteriormente. De su persistencia o de su remoción dependerá grandemente que la industria se recupere en el futuro y contribuya en una forma racional al desarrollo económico del país.

Los factores aludidos tienen el mismo origen: una inadecuada política energética que se refleja principalmente en la tarifación eléctrica. En efecto, al carecer el país de una legislación conveniente que establezca procedimientos y normas eficientes para la formulación de las tarifas, las municipalidades, actuando como autoridades reguladoras y fiscalizadoras de los servicios públicos dentro de sus respectivas jurisdicciones, las han fijado - por lo menos en los últimos años - olvidando dos de las tres condiciones elementales que deben cumplir para contribuir al funcionamiento adecuado de los servicios eléctricos:

i) que sean remuneradoras del servicio prestado;

ii) que promuevan el empleo óptimo de los diversos recursos energéticos; y

iii) que sean aceptables al consumidor.

Aparentemente sólo la última condición ha preocupado a las autoridades pertinentes, negando sistemáticamente todo aumento de tarifas, o autorizándolos sólo en proporción reducida, durante un proceso inflacionario intenso

/Cuadro 44

Cuadro 44

BOLIVIA: CONSUMO DEL SERVICIO PUBLICO

(Millones de kWh)

| Año | Doméstico | Comercial | Industrial | Servicio público y oficial | Minería | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1938 | 8.8 | 4.6 | 12.1 | 0.9 | 27.7 | 54.1 |
| 1949 | 144.9 | 16.6 | 36.8 | 3.5 | 40.0 | 141.8 |
| 1955 | 66.3 | 18.8 | 42.3 | 6.2 | 51.1 | 181.0 |
| 1956 | 70.7 | 20.3 | 44.2 | 6.6 | 43.0 | 180.7 |
| 1959 | 91.1 | 30.0 | 36.4 | 9.2 | 76.2 | 242.9 |

Fuente: Informaciones de la Junta Nacional de Planeamiento, elaboradas por CEPAL.

/y generalizado

y generalizado. De este modo, Bolivia - fuera de Costa Rica[14/] - es el país de América Latina en que la energía eléctrica se vende en promedio al precio más bajo: 16 milésimos de dólar por kWh contra más de 23 milésimos de promedio regional. (Véase el cuadro 45.)[15/]

Tan bajo nivel de tarifas ha actuado en forma adversa y simultánea en dos sentidos: a) ha alentado, con grave detrimento para los intereses económicos del país, la demanda doméstica de electricidad, traspasando a esta forma de energía los procesos de calefacción que racionalmente podrían satisfacerse con los derivados del petróleo (kerosene, fuel-oil, etc.), en que Bolivia es autosuficiente y aun país exportador; y b) ha obstaculizado la ampliación de los sistemas, no sólo imposibilitando la retribución a los inversionistas en forma de atraer nuevos capitales,[16/] sino en muchos casos ni siquiera permitiendo una adecuada provisión para retiros y reemplazos de las instalaciones, con la consiguiente descapitalización de las respectivas empresas.

Se ha entrabado así el financiamiento de la expansión eléctrica privada sin crear en el sector público ningún organismo o mecanismo estable con carácter nacional que se encargue de desarrollar la energía eléctrica, como ha sucedido en otros países de América Latina.

---

14/ En este país se dan en conjunto varias circunstancias favorables para obtener electricidad a bajo costo: lugares muy ventajosos de energía hidroeléctrica, líneas de transmisión cortas, intenso mercado de consumo y una eficiente organización de carácter nacional. El Instituto Costarricense de Electricidad opera el 40 por ciento de la capacidad instalada del país, con un patrimonio propio, amplio, otorgado por el mismo decreto de su creación, que le permite capitalizar el total de las utilidades obtenidas para el financiamiento del plan nacional de electrificación. Sin embargo, en mayo de 1960 se subieron las tarifas en un 35 por ciento aproximadamente.

15/ En el cuadro puede comprobarse también la situación extrema que guarda Bolivia en relación con otras partes del mundo.

16/ Con excepción tal vez de los atendidos por la Bolivian Power Company en algunos períodos.

/Cuadro 45

Cuadro 45

AMERICA LATINA Y OTROS PAISES: PRECIO MEDIO DEL KWH, 1959

| País | Precio medio del kWh (milésimos de dólar) | | |
|---|---|---|---|
| | Residencial | Industrial | Total |
| Argentina | 39.6 | 45.0 | 40.0 |
| Bolivia | 11.6 | 21.6 | 16.2 |
| Brasil | 22.8 | 14.8 | 16.4 |
| Colombia | 21.5 | 15.4 | 16.6 |
| Chile | 21.5 | 17.1 | 18.3 |
| Ecuador | 29.7 | 28.6 | 32.4 |
| Perú | 20.4 | 14.1 | 19.7 |
| Venezuela | 75.0 | 34.1 | 36.6 |
| México | 28.5 | 12.2 | 16.3 |
| Costa Rica a/ | 11.8 | 13.7 | 13.0 |
| Guatemala | 57.3 | 29.2 | 44.6 |
| El Salvador | 23.7 | 23.4 | 26.1 |
| Honduras | 89.7 | 55.4 | 81.1 |
| Nicaragua | 44.8 | 31.1 | 43.0 |
| Panamá | 75.6 | 32.9 | 60.8 |
| Estados Unidos | | | 16.9 |
| Austria | | | 16.1 |
| Bélgica | | | 29.8 |
| Francia | | | 21.6 |
| Italia | | | 17.3 b/ |
| Países Bajos | | | 21.4 b/ |
| República Federal de Alemania | | | 23.1 b/ |
| Reino Unido | | | 17.1 b/ |
| Suiza | | | 15.0 |
| Birmania | | | 115.8 |
| Ceilán | | | 31.2 |
| China | | | 11.5 |
| Federación de Malaya | | | 28.4 |
| Filipinas | | | 32.4 |
| India | | | 14.9 |
| Japón | | | 14.7 |
| Laos | | | 153.0 |
| República de Corea | | | 49.1 |
| Turquía | | | 52.5 |

Fuente: "Precios y costos en la industria de la energía aléctrica en América Latina" (ST/ECLA/CONF.7/L.1.51) y (ST/ECAFE/SER.L/7).

a/ En mayo de 1960 se subieron estas tarifas en un 35 por ciento aproximadamente.

b/ Cifra referente a 1956.

/Algunos detalles

Algunos detalles permitirán ilustrar mejor la gravedad de las afirmaciones anteriores. Parece que en las minas nacionalizadas de COMIBOL no se cobra ni se limita el consumo de electricidad en los campamentos. De ahí que la demanda doméstica para fines de calefacción representara en 1959 un equivalemte de 2 360 kWh por tonelada de estaño fino producido, es decir casi el 50 por ciento del consumo directo necesario a la extracción y concentración del mineral. Este crecimiento en los últimos años ha sido enorme, llegando a una tasa anual de 19 por ciento entre 1956 y 1959 (de 1 404 kWh a 2 363 kWh).

Para el conjunto de los servicios de La Paz, Cochabamba y Oruro, investigaciones realizadas en mayo de 1961, a solicitud de la Misión de Recursos Hidráulicos, señalan que el 80 por ciento de los consumos domésticos y comerciales corresponden a la producción de calor - calefacción ambiental, planchas, calentadores de agua, etc. - y sólo el 20 por ciento a usos más nobles y adecuados al nivel energético de la electricidad: luz, radios, pequeños motores, lavadoras, lustradoras, etc. Dicho en otras palabras: más de la mitad del consumo eléctrico de los centros urbanos[17/] degrada la electricidad convirtiéndola en calor, y la sustrae así de los usos en que es realmente insustituible para la producción y los servicios.

Resulta contradictorio comprobar que, mientras la COMIBOL pagaba en 1959 a la Bolivian Power Company 15.3 milésimos de dólar por kWh en alta tensión del sistema de Miguilla, para el consumo en las minas nacionalizadas, con un factor de carga 0.65,[18/] se mantuviera el precio promedio para la ciudad de La Paz en 7.7 milésimos (Bs 92.8) - con un factor de carga de 0.50 - en Cochabamba (donde la mitad de la generación es diesel y tiene pérdidas en la distribución del orden de 20 por ciento), en 16.9 milésimos (Bs 203), y en Tarija (donde predomina la generación diesel y las pérdidas del sistema son muy altas) en 10.4 milésimos (Bs 125), por citar sólo algunos ejemplos.

---

17/ Los consumos doméstico y comercial suman el 74 por ciento del total de esas ciudades.

18/ Su propia generación diesel la estimaba entonces en 20 milésimos de dólar.

/El enorme

El enorme perjuicio que se ejerce en contra de la economía nacional, con la distorsión provocada en la estructura del consumo de energía, puede estimarse aproximadamente desde el punto de vista de las inversiones necesarias con los siguientes datos: la instalación de un kWh en Bolivia cuesta unos 400-500 dólares, incluyendo planta generadora, líneas de transmisión y redes de distribución, según las últimas obras realizadas con centrales hidroeléctricas y las que están en proyecto. Por otra parte, según la experiencia de América Latina para la producción, transporte, refinación y comercialización del petróleo y sus derivados, se requieren unos 120 dólares por metro$^3$ de producción anual.[19/] Luego, para la generación de un millón de kilocalorías anuales en ciudades, se requiere en los servicios públicos una inversión de unos 110 dólares en electricidad (factor de utilización 0.5), contra sólo unos 20 dólares en derivados del petróleo (suponiendo para ellos en la producción de calor doméstico un 65 por ciento de rendimiento), o sea que para ese empleo, el capital necesario en energía hidroeléctrica es 5.5 veces mayor que en conbustibles minerales.[20/]

Además de su bajo nivel, las tarifas carecen de la estructura, según los tipos de consumidores, adecuada a los intereses económicos del país. En efecto, el precio medio de kWh doméstico fue de 11 milésimos de dólar e igual a la mitad del precio del kWh industrial (1959), mientras que para el conjunto de América Latina el kWh doméstico llegó a 37 milésimos y superó en un 40 por ciento el precio medio del kWh industrial. (Véase nuevamente el cuadro 45.)

Así se explica, al menos en parte, que en las principales ciudades vaya disminuyendo cada vez más la participación de la electricidad como elemento de producción y aumentando la que corresponde al bien final de consumo. Las tasas de crecimiento acumulativo anual para el consumo industrial han sido aproximadamente las siguientes, en porciento: 10.6 (1938-49), 1.7 (1949-55), y -2.5 (1955-59). Nótese que en este último período ha ido disminuyendo este tipo de consumo.

---

19/ De acuerdo con la experiencia actual de YPFB, que dispone de una capacidad en refinerías y oleoductos superior a su producción, esa cifra índice es como un 50 por ciento más alta.

20/ Considerando además los costos de los artefactos de consumo (inversión del usuario) la relación anterior puede bajar a 4.

## IV. PROYECCIONES DE LA DEMANDA

Resulta particularmente difícil en estos momentos, una proyección acertada de la demanda eléctrica en Bolivia, incluso a pocos años plazo. Tanto los métodos de simple extrapolación en el tiempo como aquellos en que la variación del consumo de electricidad se asocia a una o más variables macroeconómicas - además del tiempo - tiene que basarse en las condiciones que imperaron en los últimos años. Sin embargo, esas condiciones no pueden proporcionar una base sólida de partida tanto por las alteraciones profundas que acontecieron en la estructura económica y social del país, cuanto porque el consumo de electricidad ha sido en gran medida desfigurado por las limitaciones de los sistemas para atender la demanda, y por la desacertada política energética. En un documento preparado por un experto de la Administración de Asistencia Técnica de las Naciones Unidas[21/] se hace una proyección de demandas, basada en su crecimiento en la última década - exceptuando los correspondientes a las minas -, cuando la economía del país sufrió una fuerte depresión. Se reconoce en el mismo documento que esas demandas son las mínimas que pueden esperarse y que en realidad serán mayores si la economía del país mejora, como probablemente suceda. (Véase el cuadro 46.)[22/]

Las previsiones para las minas se realizaron a base de un estudio confeccionado por COMIBOL, sobre su explotación futura considerando las reservas probadas y las condiciones económicas de su operación. El autor considera que variarán poco, cualesquiera que sean las modificaciones de la economía general del país.

El mismo documento recomienda en forma acertada conectar entre sí los sistemas de Cochabamba, Oruro, Sucre y Potosí-Quechisla, con el fin de atender a la brevedad posible sus crecientes necesidades, desde las dos centrales hidroeléctricas que cuentan con estudios de ingeniería bastante avanzados: Corani y Carabuco II. En consecuencia, de aquí en adelante,

---

21/ Véase Ellery S. Fosdick, Report on Electric Power Systems in Bolivia.

22/ Las principales tasas de crecimiento acumulativo anual, adoptadas en cada ciudad, fueron: La Paz, 6 por ciento; Cochabamba, 9 por ciento; Oruro, 5 por ciento; Sucre, 6 por ciento; Potosí-Quechisla, 4.5 por ciento. Además se consideraron las demandas insatisfechas por restricciones en los servicios.

/Cuadro 46

Cuadro 46

BOLIVIA: PROYECCIONES DE LA DEMANDA ELECTRICA DE LOS SERVICIOS PUBLICOS PRINCIPALES Y GRAN MINERIA a/. MINIMAS PREVISIBLES SEGUN INFORME FOSDICK

| Sistema | Energía anual (millones de kWh) | | | | Demanda máxima (miles de kW) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1960 | 1965 | 1970 | 1975 | 1960 | 1965 | 1970 | 1975 |
| La Paz | 128 | 171 | 230 | 310 | 37.5 | 50.0 | 67.3 | 90.0 |
| Cochabamba-Oruro-Sucre-Potosí-Quechisla | 231 | 337 | 391 | 452 | 40.2 | 58.3 | 70.0 | 84.5 |
| Santa Cruz | 15 | 21 | 28 | 38 | 3.1 | 4.2 | 5.6 | 7.5 |
| Totales parciales | 374 | 529 | 649 | 870 | 80.8 | 112.5 | 142.9 | 182.0 |
| Tarija, Trinidad, Cobija b/ | 7 | 9 | 12 | 16 | 0.7 | 3.1 | 4.1 | 5.2 |
| Total del país | 381 | 538 | 661 | 886 | 81.5 | 115.6 | 147.0 | 187.2 |

a/ Según estimaciones de la Junta Nacional de Planeamiento, representan el 80 por ciento de la demanda eléctrica total del país.

b/ Estimaciones a base del Plan de Electricicación a corto y mediano plazo de la Corporación Boliviana de Fomento.

/los centros

los centros antes mencionados se consideran como constituyendo un sistema único mediante un conjunto de líneas de transmisión que conectarían las siguientes subestaciones y centrales: Corani, Cochabamba, Catavi, Central Pilcomayo, Sucre y Potosí. Ese sistema integrado estará a su vez conectado mediante las líneas existentes (o ampliadas) con Oruro y las centrales de la Bolivian Power Company en los ríos Miguilla-Choquetanga-Carabuco.

Obsérvese que de la información correspondiente al año 1960, proveniente de la Junta Nacional de Planeamiento, se desprende que la minería chica, las industrias autogeneradoras y las poblaciones menores - para las que no se han hecho proyecciones de demanda eléctrica -, representan aproximadamente un 25 por ciento de las que cuentan con proyecciones, y un 20 por ciento de las totales del país.[23/]

En el cuadro 47 aparecen las proyecciones realizadas para los servicios públicos principales y gran minería, de acuerdo con las metas del Plan General de Desarrollo.[24/]

Las tasas de crecimiento adoptadas fueron diferentes para cada ciudad y se eligieron de modo que involucrasen una corrección progresiva de las distorsiones que existen en la actualidad en los consumos.[25/] También se eligieron año a año factores de carga diferentes, considerando desde luego una rápida supresión de los racionamientos a las horas de punta, que recortan la demanda máxima, y las perspectivas de mejoramiento de las curvas de carga a mayor plazo.

Las demandas máximas de la segunda proyección son mayores que las de la primera, variando desde un 6 por ciento en 1960 hasta 20 por ciento en 1975. La diferencia para 1960 radica principalmente en la estimación del déficit actual y del factor de carga en las ciudades en que hay

---

23/ Aunque parece sobreestimada la capacidad y la demanda de las instalaciones que estarían al margen de las previstas en las proyecciones de los cuadros, dado que no hay otros valores con carácter oficial para ellas, se mantiene en el resto de este informe el criterio de la Junta Nacional de Planeamiento.

24/ Véase la sección II de la Introducción de este informe.

25/ Las tasas acumulativas anuales elegidas fueron: La Paz, 7.4 por ciento; Cochabamba, 9.4 por ciento; Oruro, 6.9 por ciento; Potosí, 6.2 por ciento; Sucre, 6.4 por ciento. Para la minería grande y las industrias derivadas de ella se adoptaron los valores correspondientes a un estudio de COMIBOL más detallado y actualizado que el que dispuso el señor Fosdick.

/Cuadro 47

Cuadro 47

BOLIVIA: PROYECCIONES DE LA DEMANDA ELECTRICA EN LOS SERVICIOS PUBLICOS PRINCIPALES Y GRAN MINERIA a/ EN CONFORMIDAD A LAS METAS DEL PLAN GENERAL DE DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL

| Sistema | Energía anual (millones de kWh) | | | | Demanda máxima (miles de kW) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1960 | 1965 | 1970 | 1975 | 1960 | 1965 | 1970 | 1975 |
| La Paz | 128 | 183 | 261 | 374 | 37.5 | 49.5 | 68.0 | 94.8 |
| Cochabamba-Oruro-Sucre-Potosí-Quechisla | 233 | 442 | 540 | 637 | 43.7 | 80.5 | 98.2 | 124.5 |
| Santa Cruz | 15 | 22 | 33 | 48 | 5.0 | 7.3 | 11.0 | 16.1 |
| Tarija-Trinidad y Cobija | 7 | 11 | 15 | 20 | 0.7 | 3.8 | 5.0 | 6.5 |
| Total del país | 383 | 658 | 849 | 1 079 | 86.9 | 141.1 | 182.2 | 241.9 |

a/ Según estimaciones de la Junta Nacional de Planeamiento, representan el 80 por ciento de la demanda eléctrica total del país.

/restricciones fuertes

restricciones fuertes a las horas de punta, de modo que las demandas correspondientes son muy inferiores a las que existirían de suprimirse aquéllas (Cochabamba, Potosí, Sucre y Santa Cruz).

El el documento antes citado[26/] se presenta a grandes rasgos un programa preliminar de las principales obras que convendría realizar para encarar la situación eléctrica hasta 1975, de acuerdo con las correspondientes proyecciones. En el cuadro 48 aparece un resumen de ellas, en lo que se refiere a nuevas centrales. Se ha introducido una pequeña modificación con relación al programa original, por existir allí una apreciación exagerada de la generación media anual de la central Corani. En efecto, con un caudal regulado del orden de 2.5 $m^3$/seg y 619 metros de caída, su producción será más o menos de 110 millones de kWh al año, en lugar de los 168 millones con que figuran en ese estudio.[27/]

Esa modificación consiste en i) considerar en Corani solamente 24 MW instalados en los años 1970 y 1975, ya que falta energía pero sobra potencia; ii) adelantar a 1970 la capacidad instalada total de la central Pilcomayo que, según el autor, permite pasar de una generación de 46 millones de kWh a 95 millones, con lo que se salvaría la deficiencia de energía en 1970 y se reemplazaría la potencia postergada en Corani; y iii) prever para 1975 una primera etapa de otra central hidroeléctrica - que sustituya la potencia de la unidad aún pendiente en Corani -, con una capacidad de generación anual de por lo menos 60 millones de kWh.[28/]

---

26/ Report on Electric Power Systems in Bolivia.

27/ Véase Source of Firm Energy, cuadro IV.

28/ Conviene puntualizar que al presentar aquí Corani sólo con 24 MW no significa en modo alguno que no convenga instalar allí una potencia superior. Por el contrario, se recomienda proyectarla para llegar a una capacidad total mayor, (32 ó 40 MW), cuando se cuente con otra central térmica o hidráulica que proporcione la energía de base necesaria. En este aspecto convendría examinar si una parte de la capacidad térmica que formará parte actualmente del sistema interconectado podría mantenerse algunos años, más allá de 1965, límite considerado en el programa original.

/Cuadro 48

Cuadro 48

BOLIVIA: PROGRAMA DE CENTRALES A CONSTRUIR PARA SATISFACER LAS PROYECCIONES MINIMAS PREVISIBLES DE LA DEMANDA

| Sistema | Central | Capacidad total en MW | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 1965 | 1970 | 1975 |
| | **I. Hidroeléctricas** | | | |
| La Paz | Chururaqui | 22 | 22 | 22 |
| | Otras a/ | | 20 | 40 |
| | Suma | 22 | 42 | 62 |
| Cochabamba-Oruro-Sucre-Potosí-Quechisla | Carabuco II | 6.2 | 6.2 | 6.2 |
| | Corani | 8.0 | 24.0 b/ | 24.0 |
| | Pilcomayo | | 18 b/ | 18.0 |
| | Otra c/ | | | 8.0 |
| | Suma | 14.2 | 48.2 | 56.2 |
| Santa Cruz | Yapacaní (I y II) | 2.5 | 2.5 | 5.0 |
| | No precisada | | | 5.0 |
| | Suma | | 2.5 | 10.0 |
| Tarija, Trinidad y Cobija d/ | No precisadas | | 1.0 | 2.0 |
| | **II. Termoeléctricas** | | | |
| Cochabamba-Oruro-Sucre-Potosí Quechisla | Diesel móviles e/ | 3.0 | | |
| Santa Cruz | Térmica (Montero ?) | 5.0 | 5.0 | 5.0 |
| Tarija, Trinidad y Cobija d/ | Centrales móviles | 1.2 | 1.7 | 2.5 |

a/ No se precisa su ubicación pero presumiblemente se trate del proyecto Jarka (22 MW) también en el río Zongo, aguas abajo de Chururaqui, y otra central en el mismo río.

b/ En Corani se atrasa la instalación de una unidad de 8 000 kW y en Pilcomayo se considera toda la capacidad por razones de suministro de energía.

c/ No precisada, pero hay varios anteproyectos de los que la primera etapa puede ser la señalada: (Locotal, Chapisirca, Santa Isabel, etc.). Debe producir 60 000 MWh/año.

e/ Véase "Plan de electrificación a corto y mediano plazo", (CBF).

/La modificación

La modificación anterior no significa que sea la mejor solución alternativa y por otra parte no corresponde hacer tal análisis en este estudio. Se ha adoptado solamente por ser la que altera menos la concepción general del autor, y poder proseguir con el examen - también en términos muy generales -, del plan correspondiente de inversiones. Las autoridades técnicas de Bolivia, ahondando las investigaciones básicas, buscarán la solución más conveniente al problema señalado.

Obsérvese que 123.2 MW, o sea el 96 por ciento de la nueva capacidad de generación a instalar programada hasta 1975 para los principales sistemas públicos y gran minería, corresponden a centrales hidráulicas.[29/] Como por otra parte se supone que para entonces la mayor parte (o el total) de la correspondiente capacidad diesel eléctrica actual se encontrará ya fuera de servicio, aproximadamente el 98 por ciento de la potencia disponible de aquéllos será hidroeléctrica.

Como contrapartida, la nueva capacidad generadora que requerirán la minería chica, las industrias autogeneradoras y las poblaciones menores para las que no se han hecho proyecciones de demanda, serán satisfechas casi en su integridad (a causa de la reducida magnitud de las instalaciones), por grupos diesel eléctricos.

Considerando que una parte apreciable de las industrias autogeneradoras se abastecerán eléctricamente de los servicios públicos cuando éstos mejoren, es probable que la capacidad instalada adicional a la de 1960 para este conjunto sea sólo de unos 10 MW hasta 1970 y 15 MW hasta 1975.

En el cuadro 49 se presenta el resumen de un posible programa de nuevas centrales preparado por la Junta Nacional de Planeamiento, para hacer frente a las demandas previsibles en conformidad con el Plan General de Desarrollo Económico y Social. Las incertidumbres que supone este programa son aún mayores que las del anterior, y por lo tanto no puede atribuirsele más valor que el correspondiente a orientar las investigaciones a corto plazo de los recursos disponibles y sus posibilidades económicas,

---

29/ El costo de generación en centrales termoeléctricas - equivalentes a las de los proyectos hidroeléctricos seleccionados - resultaría sobre un 20 por ciento más cara, habiendo supuesto en general en los estudios "condiciones de crédito razonables" y los precios del combustible vigentes en 1960. Sería necesario que se hicieran análisis más minuciosos investigando el verdadero costo de oportunidad del dinero y el precio de cuenta de los combustibles.

/Cuadro 49

Cuadro 49

BOLIVIA: PROGRAMA DE CENTRALES A CONSTRUIR PARA SATISFACER LAS PROYECCIONES DE LA DEMANDA EN CONFORMIDAD AL PLAN GENERAL DE DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL

| Sistema | Central | Capacidad total en MW | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 1965 | 1970 | 1975 |
| | **I. Hidroeléctricas** | | | |
| La Paz | Chururaqui | 22 | 22 | 22 |
| | Otras | | 22 | 44 |
| | Suma | 22 | 44 | 66 |
| Cochabamba-Oruro-Sucre-Potosí-Quechisla | Carabuco II | 6.2 | 6.2 | 6.2 |
| | Corani | 32 | 32 | 32 |
| | Santa Isabel a/ | | 44 | 44 |
| | Pilcomayo | | | 18 |
| | Suma | 38.2 | 82.2 | 100.2 |
| Santa Cruz | Yapacaní (I y II) | | 5 | 5 |
| | Otra | | | 6 |
| Tarija, Trinidad, y Cobija b/ | | 2.3 | 2.3 | 3.3 |
| | **II. Termoeléctricas** | | | |
| Cochabamba-Oruro-Sucre-Potosí-Quechisla c/ | | 4 | | |
| Santa Cruz | | 9 | 9 | 9 |
| Tarija, Trinidad y Cobija | | 1.8 | 2.8 | 3.5 |

Fuente: "Plan de Desarrollo Económico y Social" e informaciones directas de la Junta Nacional de Planeamiento, y "Report on electric power systems in Bolivia", (Ellery S. Fosdick).

a/ Los datos disponibles son muy precarios para pronunciarse sobre la generación anual de esta central y la forma en que convendrá que se opere.

b/ Se supone que en las proximidades de Tarija se dispone de un proyecto hidroeléctrico (Angosto ?).

c/ La central de 4 MW en el sistema Cochabamba-Oruro-Sucre-Potosí-Quechisla corresponde a la instalación de motores en Cochabamba, Sucre y Potosí, antes de la construcción de las centrales Corani, Carabuco y la construcción de las líneas de interconexión.

/además de

además de estimar el orden de magnitud de las inversiones necesarias, si se cumplen las hipótesis en que se fundan las respectivas proyecciones de la demanda.

Existen muchas alternativas que deben estudiarse simultáneamente, antes de decidir este programa. Por ejemplo, en el sistema Cochabamba, Oruro-Sucre-Potosí-Quechisla, después de las centrales hidroeléctricas indicadas en el primero (Corani, Carabuco II y Pilcomayo), convendría considerar - dada la importancia del sistema - la instalación de una central térmica del orden de unos 20 MW.

Las acentuadas irregularidades estacionales y anuales del régimen pluvial en el altiplano y los valles, que se producen simultáneamente en todo el país, agregadas a la baja regularización disponible en embalses - hay muchas centrales de pasada o con represas de reducida capacidad -, hacen necesario contar con apoyo térmico para lograr un aprovechamiento óptimo de los recursos hidroeléctricos correspondientes, sin sacrificar la seguridad de los servicios en años de estiaje extremo.

La ubicación de esa central y el tipo a elegir serían objeto de un acucioso análisis que tome en cuenta la proximidad del combustible (petróleo o sus derivados), la disponibilidad de agua, la distancia al centro de gravedad de los consumos del sistema, etc.

A modo de comparación, conviene recordar lo que se hace en otros países bien dotados de recursos hidroeléctricos. La capacidad térmica llega al 21 por ciento del total en Suecia (1959) y en Italia y Portugal al 22 por ciento, en tanto que en el Canadá y Suiza alcanza sólo a 13 y 4 por ciento, respectivamente. En el sistema interconectado de Chile, que se extiende en una región rica en recursos hidroeléctricos, y en el que algunas centrales cuentan con grandes embalses y los regímenes pluviales y glaciares se complementan convenientemente, hay 19 por ciento de capacidad térmica instalada.

Este segundo programa contempla para 1975 180 MW hidroeléctricas adicionales sobre un total de 193 MW, es decir, un 93 por ciento de fuente hidráulica.

/Aparte de

Aparte de las centrales Corani, Carabuco II y Chururaqui, que se supone serán las primeras centrales hidroeléctricas a construir, se sugiere el siguiente orden de prioridades en materia de investigaciones completas para la elaboración de proyectos documentados que permitan una evaluación acertada de su valor económico para confirmar o introducir ciertas modificaciones al programa antes señalado:

a) Alto Pilcomayo (Saire o Acalea y Talula). Si este proyecto no resulta satisfactorio, convendría estudiar alternativamente las posibilidades de los ríos Blanco, Colorado y Chinta, cerca a Coloquechaca, para alimentar el sistema interconectado en la zona central-sud;

b) Jarka, para el sistema de La Paz, después de Chururaqui;

c) Santa Isabel y Locotal, para definir las obras más convenientes y su orden de realización en el extremo norte del sistema interconectado;

d) Río Grande (proyecto de objetivos múltiples) y Yapacaní a fin de definir las obras más convenientes y su orden de realización para Santa Cruz y poblaciones vecinas. Además, eventualmente, en el caso del Ríó Grande, podría alimentar la zona central-sud del sistema interconectado. Deberá examinarse la posibilidad de un desarrollo gradual de este proyecto en sus aspectos de riego (colonización) e hidroelectricidad. Las investigaciones del arrastre de sólidos y la reducción del embalse correspondiente deben ser objeto de especial atención;

e) Río San Jacinto, para el suministro de Tarifa; y

f) Monte Punco y San Mateo (al este de Cochabamba).

## V. INVERSIONES NECESARIAS

En los cuadros 50 y 51 aparecen las inversiones estimadas para las instalaciones eléctricas (generación, transmisión y distribución) a base de los dos programas anteriores. Aquéllas totalizan hasta 1970: 44 y 52 millones de dólares y hasta 1975: 54 y 68 millones, respectivamente. Se estima que de esas sumas, algo menos de la mitad corresponderían a gastos en moneda nacional.

/Cuadro 50

Cuadro 50

BOLIVIA: INVERSIONES ESTIMADAS PARA EL PROGRAMA DE INSTALACIONES EXIGIDO POR LAS MINIMAS DEMANDAS PREVISIBLES

(Millones de dólares)

| Sistema | 1961-63 | 1964-66 | 1967-69 | 1970-72 | 1973-75 | 1961-75 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| La Paz | 2.5 | 2.5 | 3.8 | 2.5 | 3.8 | 15.1 |
| Cochabamba-Oruro-Sucre-Potosí-Quechisla | 10.5 | 10.5 | 4.7 | 0.3 | 2.0 | 28.5 |
| Santa Cruz | 2.7 | | 1.5 | 1.6 | | 5.8 |
| Tarija-Trinidad y Cobija | 0.2 | 0.1 | 0.6 | 0.2 | 0.1 | 1.2 |
| Minería chica, industrias autogeneradoras y poblaciones menores | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.6 | 0.5 | 3.5 |
| Total | 16.7 | 13.9 | 11.4 | 5.2 | 6.4 | 54.1 |

Fuente: "Report on electric power systems in Bolivia" (Ellery S. Fosdick), Plan de Electrificación a corto y mediano plazo (Corporación Boliviana de Fomento) e informaciones directas de la Junta Nacional de Planeamiento.

/Estos valores

Estos valores se refieren a los gastos necesarios para la ejecución de las obras, es decir, corresponden al concepto económico de formación bruta de capital. No se contempla en ellos la obtención de préstamos y créditos que permitan desplazar los pagos en el tiempo. Por eso, los gastos efectivos anuales que demande el programa real de desarrollo eléctrico podrán diferir por este concepto con las sumas de las inversiones consignadas por trienios. Estas incluyen un 6 por ciento de interés sobre el costo de cada obra, durante la mitad del tiempo de construcción correspondiente. En ambos programas aproximadamente los 2/3 del total de las inversiones se refieren a las centrales hidroeléctricas. Si se compara la inversión, equivalente a 52 millones de dólares, prevista para el período 1961-70 por la segunda proyección, con las inversiones brutas del país estimadas en el Plan General de desarrollo para el mismo período, se ve que aquélla representa el 4.2 por ciento de éstas.

Tal coeficiente sectorial de inversión parece bajo en relación con los de otros países de América Latina, previstos también para los próximos años. Por ejemplo, alcanza al 10 por ciento en Chile, cuya principal actividad de exportación - la minería - tiene, al igual que en Bolivia, un alto consumo específico de electricidad y la generación hidroeléctrica supone una elevada participación en los programas de expansión. En Cuba, el Perú y el Uruguay llega a 7.5, 7.5 y 8.0 por ciento respectivamente. La observación realizada puede explicarse en parte a) porque los recursos hidroeléctricos que se aprovecharán en Bolivia en un futuro próximo tienen características económicas bastante favorables; b) porque en la reestructuración del consumo pueden limitarse algunos factores de demanda hoy hipertrofiados; y c) porque las redes de distribución en una gran mayoría serán del tipo aéreo, bastante económicas - y la correspondiente a La Paz el Plan no la ha incluido - y en parte también por las importantes inversiones de tipo social que consulta el Plan.

El problema más difícil para Bolivia consistirá en lograr el financiamiento de las obras respectivas. Los capitales privados han carecido

/Cuadro 51

Cuadro 51

BOLIVIA: INVERSIONES ESTIMADAS PARA CUBRIR LAS DEMANDAS AJUSTADAS AL PLAN GENERAL DE DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL

(Millones de dólares)

| Sistema | 1961-63 | 1964-66 | 1967-69 | 1970-72 | 1973-75 | Total | 1961-75 (porcientos) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | Líneas de transmisión y subestaciones | Redes de distribución |
| La Paz | 2.5 | 2.5 | 4.2 | 2.9 | 4.1 | 16.2 | ... | a/ |
| Cochabamba-Oruro-Sucre-Potosí-Quechisla b/ | 11.5 | 12.2 | 6.8 | 5.2 | 4.2 | 39.9 | 27.7 | 6.6 |
| Santa Cruz | 2.7 | 0.5 | 1.8 | 1.9 | | 6.9 | 36.0 | 11.6 |
| Tarija, Trinidad y Cobija | 0.3 | 0.6 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 1.5 | ... | 10.7 |
| Minería chica, industrias autogeneradoras y poblaciones menores | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.6 | 0.5 | 3.5 | ... | ... |
| Total | 17.8 | 16.6 | 13.8 | 10.8 | 9.0 | 68.0 | ... | ... |

Fuente: CEPAL, a base del "Report on electric power systems in Bolivia", informaciones directas de la Junta Nacional de Planeamiento, "Plan de Desarrollo Económico y Social" y "Electrificación a corto y mediano plazo" (Corporación Boliviana de Fomento).

a/ No se han considerado.

b/ Se consideran 2 millones de dólares más que en el "Plan de Desarrollo Económico y Social" para el período 1961-75 por concepto de ampliaciones y mejoras en las redes de distribución. (Véase "Report on electric power systems in Bolivia").

/por varios

por varios años de interés en esta actividad y, a menos que se modifiquen radicalmente las condiciones del ambiente en que se opera, el peso de las inversiones futuras de los servicios públicos recaerá sobre el estado.

A diferencia de lo sucedido en otros países de América Latina, el crédito público internacional no había concedido préstamo alguno para el desarrollo eléctrico de Bolivia hasta 1961, año en que la Corporación de Fomento trató de obtener uno con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) por algo más de un millón de dólares, para instalar con carácter urgente cerca de 4 000 kW en unidades diesel eléctricas en Cochabamba, introducir algunas mejoras en la red de distribución de esa ciudad, realizar los estudios definitivos del proyecto Corani y los preliminares de otras obras hidroeléctricas y líneas de transmisión.

El estudio y promulgación de una ley de servicios eléctricos similar a la que existe en otros países de América Latina - la Argentina, Chile, el Perú, etc. - constituiría la base indispensable para obtener el financiamiento de las obras previstas. Esa ley debería prever, entre otras cosas, la creación de una organización nacional planificadora - y en caso necesario ejecutora y operadora de sistemas cuando no existan para ello otras entidades suficientemente capaces al margen del Gobierno Nacional - y una autoridad nacional fiscalizadora, junto con las normas pertinentes que aseguren a la industria eléctrica boliviana un clima jurídico y financiero propicios para su desarrollo.

## VI. RECOMENDACIONES

De lo dicho anteriormente surgen las siguientes recomendaciones principales:

1. Promulgar una ley completa de servicios eléctricos que estatuya la creación, las labores y el financiamiento pertinente a dos autoridades nacionales:

   a) la planificadora del sector eléctrico y eventualmente ejecutora y operadora de las instalaciones previstas en el plan nacional de electrificación (trabajaría en contacto con las oficinas planificadoras de la energía en general y el Centro de Coordinación de Recursos Hidráulicos de la Junta Nacional de Planeamiento); y

/b) la

b) la fiscalizadora, que vele por la buena calidad de los servicios públicos al precio más bajo posible, pero compatible con una sana economía de las empresas.

2. Entre las labores más urgentes que debería encarar la primera autoridad se señalan:

a) perfeccionar, ampliar y actualizar periódicamente el plan nacional de desarrollo eléctrico sobre la base del esbozado por el experto de las Naciones Unidas señor Ellery R. Fosdick;

b) realizar un inventario amplio de los recursos hidroeléctricos - al menos en la zona del altiplano y los valles -, así como la medición hidrológica sistemática de los que parezcan susceptibles de aprovechamiento a corto y mediano plazo, como mínimo; y

c) allanar el camino para que se inicien de inmediato y prosigan aceleradamente las construcciones de los proyectos Carabuco II y Corani.

3. Entre los trabajos más urgentes que competen a la segunda autoridad se indican:

a) reorientar la política nacional en materia de energía en general y de los servicios eléctricos en particular, así como propender a la formación de una conciencia pública sobre la magnitud del problema eléctrico y la necesidad de rectificar algunos procedimientos;

b) revisar los pliegos de tarifas eléctricas en todo el país para que cubran la totalidad de los gastos de explotación (incluyendo los correspondientes a depreciación de las obras en servicio, y una adecuada retribución a los capitales en juego) y tiendan a remodelar la estructura del consumo de energía dando prioridades a los usos más nobles de la electricidad como bien final y factor de producción;

c) redactar un reglamento que con fuerza legal normalice en todo el país las instalaciones eléctricas interiores (de propiedad del abonado) desde el empalme a la red del servicio público.

/Capítulo VI

# Capítulo VI

# N A V E G A C I O N

## I. PRINCIPALES SISTEMAS Y SITUACION ACTUAL

En Bolivia la red fluvial navegable en escala económica es bastante extensa. Hay estimaciones que le asignan hasta 10 000 kilómetros de desarrollo. Los tres sistemas principales son los correspondientes a los ríos Mamoré, Beni e Itenez, con unos 3 500 kilómetros de longitud navegable; pertenecen a la cuenca del Amazonas que cubre la parte norte del país y comprende casi la mitad de su superficie. En esa región no hay red de ferrocarriles ni un sistema de carreteras que merezca ese nombre.

En la región oriental, Bolivia tiene acceso al sistema navegable del río de La Plata por intermedio de su afluente el Paraguay.

Además de los sistemas fluviales citados, el lago Titicaca es ampliamente navegable y existe un servicio regular de pasajeros y carga entre los puertos de Guaqui, en Bolivia, y Puno, en el Perú.

### 1. Sistema Mamoré Madeira

La vía troncal del Mamoré incluye el río Ichilo y se extiende desde Puerto Villarroel, situado al noreste de Cochabamba, hasta la ciudad de Guayaramerín, en la frontera con el Brasil, con una distancia total de 1 250 kilómetros. Siete provincias y la ciudad de Trinidad se encuentran a lo largo de este curso de agua. La población de esta zona - estimada para 1960 - es de 109 400 habitantes. Esta vía es utilizada desde hace cerca de 50 años, por botes de diferente tamaño.

El tráfico entre Puerto Villarroel y Trinidad - unos 500 kilómetros - es posible aun en el período de aguas bajas, con barcazas hasta de unas 100 toneladas. Desde esta última ciudad hacia el norte, hay embarcaciones a vapor, con ruedas de paletas en la popa, y de capacidad poco mayor a la indicada, que mantienen un servicio regular hasta Guayaramerín. Sin embargo, la carga debe transportarse desde aquí por ferrocarril hasta Porto Velho, en el Brasil, a causa de los rápidos o cachuelas que existen en esta parte del río Madeira. En Puerto Velho la carga tiene

/que ser

que ser nuevamente transbordada a embarcaciones fluviales que la llevan por el Amazonas hasta el Atlántico.

No obstante la complejidad de este sistema, constituye realmente una vía navegable para algunas exportaciones de Bolivia. Sin embargo, hay varios factores que conspiran contra su eficiencia: a) entre Puerto Villarroel y Trinidad el río queda parcialmente obstruido por troncos clavados, palizadas y bancos de arena, durante el período de aguas bajas, dificultando la navegación; b) las embarcaciones a vapor en operación están muy viejas y deterioradas en su mayoría, y c) el sistema de ferrocarriles que realiza el transporte en la zona de las "cachuelas" data del año 1904, es inadecuado y se halla en malas condiciones. La carga y descarga de las mercancías, el largo recorrido por ferrocarril y el tiempo que se pierde durante tales operaciones contribuyen a incrementar notablemente el costo del transporte en este sistema de navegación.

Si bien el sistema Ichilo-Mamoré ha sido estudiado en 1955 y 1957 por dos expertos de las Naciones Unidas que navegaron en sus aguas, no se han hecho aún - que se sepa - investigaciones hidrográficas efectivas de ellos. Según el informe de uno de ellos, el señor Krauss, son suficientemente navegables para las necesidades actuales de tráfico y por el momento no se justifican estudios muy extensos para preparar trabajos que permitan una navegación mucho más amplia. Se recomienda usar botes destroncadores para deshacer las "empalizadas" y arrancar los troncos clavados que obstaculizan el recorrido.

Se ha comenzado la construcción de un camino para unir la localidad de Montepunco - ubicada sobre la carretera que comunica las ciudades de Cochabamba, Santa Cruz y Sucre - a Puerto Villarroel, sobre el río Ichilo. Cuando se complete esta obra, el sistema del Mamoré quedará conectado a través de Cochabamba y Sucre con las otras ciudades de Bolivia por medio de la actual red de caminos. También se encuentra avanzada la habilitación del camino Cochabamba a Puerto Chipiriri, sobre el río del mismo nombre que junto con los ríos Isiboro y Sécure es afluente del Mamoré. Se facilitará así el transporte de productos

/agrícolas, carne,

agrícolas, carne, maderas y otros, de la zona de influencia de este sistema fluvial hacia los centros más poblados del país. La mayoría de esos productos se transporta en la actualidad por vía aérea a elevado costo. Considerando la población actual que tiene fácil acceso a esta vía de navegación, y las actividades que despliega, se estima que cuando se concluyan los caminos señalados, sobre todo el primero, el tráfico fluvial ascenderá aproximadamente a 23 500 toneladas al año, con el siguiente desglose, también expresado en toneladas:

| | | |
|---|---|---|
| i) | Importaciones | |
| | - Materiales de construcción, equipos, vehículos, etc. | 5 000 |
| | - Combustibles y lubricantes | 750 |
| ii) | Exportaciones | |
| | - Ganado para los mercados del altiplano y valles | 2 550 |
| | - Castañas | 1 000 |
| | - Cuero, goma, etc. | 1 500 |
| iii) | Comercio interno de la zona | |
| | - Alimentos y abastecimiento en general | 10 000 |
| iv) | Total . . . . . | 23 500 |

2. Sistema Beni - Madre de Dios - Orton

El río Beni es navegable más de 800 kilómetros desde Puerto Salinas, cerca de Reyes, hasta Cachuelas Esperanza, donde es preciso transbordar, a causa de los obstáculos y rápidos de esa cachuela, que se extienden en unos 700 metros, y desde allí, hasta su unión con el río Madeira. La carga debe remontar por el Mamoré hasta Guayaramerín, para continuar por ferrocarril hasta Porto Velho (Brasil) y luego proseguir por vía fluvial rumbo al Atlántico.

En período de estiaje los calados admisibles son superiores a 2 metros. A lo largo del tramo Puerto Salinas-Cachuela Esperanza hay cuatro provincias con una población estimada de 34 000 habitantes (1960). Un cálculo aproximado del tráfico actual arroja 14 000 toneladas al año, con el siguiente detalle:

/i) Importaciones

| | | |
|---|---|---|
| i) | Importaciones | |
| | - Materiales de construcción, equipos, vehículos, etc. | 4 000 |
| ii) | Exportaciones | |
| | - Castañas | 4 000 |
| | - Goma | 2 000 |
| | - Cuero, cacao, quina, etc. | 1 000 |
| iii) | Comercio interno de la zona | |
| | - Alimentos y abastecimientos en general | 3 000 |
| iv) | Total . . . . . | 14 000 |

Del mismo modo, la navegación sobre el río Madre de Dios se realiza por medio de lanchas relativamente grandes, desde Maldonado (Perú) hasta la conjunción con el río Beni, abarcando unos 500 kilómetros de recorrido y comprometiendo en territorio boliviano a tres provincias. En períodos de estiaje el calado admisible se reduce apreciablemente (a unos 0.60 m ) por los bancos de arena y palizadas que existen en el lecho.

La otra vía importante es la del río Orton, con su afluente, el Tahuamanu, que permite la navegación desde Porvenir hasta Riberalta, con una extensión aproximada de 350 kilómetros. El lecho del Orton parece admitir en estiaje calados hasta de 2 metros y sólo en contados lugares hay palos clavados que obstaculizan en parte la navegación. Prácticamente no tiene problemas de sedimentación. Hay tres provincias a lo largo de este curso de agua con una población estimada de 13 800 habitantes (1960). El tráfico se calcula en unas 7 300 toneladas, con el siguiente detalle:

| | | |
|---|---|---|
| i) | Importaciones | |
| | - Materiales de construcción, equipos, vehículos, etc. | 1 500 |
| ii) | Exportaciones | |
| | - Castañas, goma, etc. | 4 500 |
| iii) | Comercio interno de la zona | |
| | - Alimentos y abastecimientos en general | 1 300 |
| iv) | Total . . . . . | 7 300 |

/Para comunicar

Para comunicar el sistema navegable del Beni con La Paz, la Corporación Boliviana de Fomento está extendiendo la carretera de Caranavi hacia Santa Ana (en el Alto Beni). Posteriormente se piensa prolongarla hasta Puerto Salinas. Será así posible un transporte más económico que el actual, de los productos de la zona de influencia del río Beni a La Paz, y otras ciudades del país.

Como los ríos Orton y Madre de Dios son afluentes del Beni antes que éste descienda Cachuela Esperanza, la navegación por ellos tiene iguales inconvenientes que los señalados para este último. En la actualidad se examina, aunque sólo en términos muy generales, la posibilidad y conveniencia de unir mediante un canal - o en caso contrario mediante un buen camino - la ciudad de Porvenir con Cobija. De este modo se podría desviar una parte apreciable del comercio de exportación del sistema Beni-Madre de Dios-Orton, el río Acre, otro afluente navegable del Amazonas, que no tiene el inconveniente de las cachuelas.

### 3. Sistema Itenez o Guaporé

Este río constituye en una gran extensión la frontera del país con el Brasil. Antes de su unión con el Mamoré recibe del territorio boliviano afluentes navegables por embarcaciones pequeñas, tales como el Paraguá, el Baures y el Itonamas. Es un río de aguas claras, sin problemas de sedimentación. Sólo en pocos lugares hay pequeñas restricciones para la navegación por troncos clavados o afloramientos rocosos. Desde Puerto Villazón, en el extremo nororiental del país, hasta Guayaramerín (500 kilómetros aproximadamente), los calados que se indican como admisibles en períodos de aguas bajas son de 2 metros.

Como en el caso de los otros ríos, existe muy poca información sobre las condiciones de navegabilidad de este sistema y no se han hecho investigaciones hidrográficas importantes sobre él. Al parecer, la mayor parte del tráfico que se realiza corresponde a intereses brasileños.

/4. Sistema

### 4. Sistema del Paraguay

Bolivia tiene solamente un litoral de poco más de 40 kilómetros sobre este río en el corredor Man Césped, entre las fronteras con el Brasil y el Paraguay. Además, posee acceso a esta vía mediante los canales de las lagunas Uberaba, Gaiba, Mandioré y Cáceres, que las comunican con ese río.

Desde Puerto Suárez en el lago Cáceres (con acceso al ferrocarril internacional Corumbá-Santa Cruz) hasta Buenos Aires, el recorrido fluvial tiene unos 2 700 kilómetros aproximadamente. Se suele señalar como calado máximo admisible para la navegación hasta los puertos bolivianos (Quijarro, Isabel, Puerto Suarez y General Busch), en época de aguas bajas, 1.50 metros aproximadamente. Con algunas labores de dragado entre Laguna Cáceres y Puerto Coimbra, la navegación no parece tener obstáculos a la escala señalada.

Esta vía de navegación y el correspondiente costo de transporte hasta Buenos Aires, desempeñarán un papel decisivo en la economía de la explotación eventual del mineral de hierro de Mutún, al suroeste de Puerto Suarez.

## II. ORGANIZACION Y ACCION FUTURA

Si bien es cierto que el transporte fluvial, por su reducida magnitud actual, no justifica de momento la ejecución de grandes proyectos, no es menos evidente la conveniencia económica de organizar el tráfico, y planear la ejecución paulatina de obras que mejoran las condiciones de navegación, ajustadas a un programa proporcionado a las posibilidades de desarrollo de las respectivas zonas de influencia y a la disponibilidad de los recursos financieros correspondientes.

En procura de ese objetivo se creó en diciembre de 1960 la "Dirección Nacional de Navegación e Hidrografía" como autoridad máxima en esa materia, organismo que irá ganando importancia por etapas. Constaría de dos secciones principales: la administrativa y la técnica.

La sección técnica correspondiente convendría que tuviera a su vez cinco divisiones diferentes: a) Transportes; b) Mantenimiento y mejoras; c) Astilleros; d) Puertos, y e) Hidrografía.

/Por ahora

Por ahora el personal sería muy reducido y tendría obligaciones muy limitadas, hasta que el incremento de los transportes fluviales justifique económicamente el planeamiento y ejecución de obras mayores. Desde su creación se ocuparía de supervisar la navegación en el país y de estudiar el aumento del tráfico en los diversos sistemas. Así se preverían, con suficiente anticipación, las necesidades futuras del transporte para poder tomar las medidas necesarias y realizar las obras requeridas para su normal expansión. Se incluiría un pequeño grupo de investigaciones hidrográficas, que empiece a realizar el estudio sistemático de las principales vías, instalando medidores de nivel (se consideran necesarios unos 12), y registrando datos relativos a profundidades, anchos, alineaciones, velocidades de la corriente, períodos de navegabilidad para distintos calados, facilidades terminales, etc.

Para estas investigaciones se podrían emplear los planos disponibles, aerofotogramétricos y topográficos del Instituto Geográfico Militar. Cuadrillas equipadas con pequeños botes y "ecosondas" permitirían realizar económicamente los primeros estudios para establecer los perfiles longitudinales y transversales que sea aconsejable determinar en primera instancia. Estas actividades convendría complementarlas con mediciones de caudal y de sedimentación. Algunas informaciones provenientes de los trabajos hidrométricos que la Corporación Boliviana de Fomento piensa realizar, serían usadas ventajosamente por el grupo hidrográfico recomendado.

Anteriormente se vieron los efectos favorables que reportarán los caminos en construcción de Montepunco a Puerto Villarroel y de Caranavi a Santa Ana (en el Alto Beni), así como las que podrían derivarse del establecimiento de una vía adecuada de transporte - canal o camino - entre Cobija y Porvenir.

Al referirse más adelante[1/] al control de inundaciones y conservación de suelos se señala en términos muy generales - como sólo es posible hacerlo ahora a base de los datos disponibles - que el proyecto del Bala, en el sistema del Beni, reduciría la inversión en varios caminos a desarrollarse en el futuro por la navegación en el correspondiente lago artificial.

---

1/ Véase el capítulo VII.

/Además, esa

Además, esa obra permitirá aumentar el caudal del Beni en la época de aguas bajas, que coincide con la de mayores requerimientos de energía eléctrica, con las ventajas consiguientes para la navegación fluvial.

Del mismo modo, aunque sea reducida la escala de los proyectos hidroeléctricos que se prevén por ahora, los respectivos embalses en los valles y cabeceras de los ríos, por su efecto regularizador de los caudales, influirán en un sentido favorable, tanto en la navegación fluvial en los llanos, aumentando el caudal en estiaje, cuanto en el control de sus inundaciones, disminuyendo la magnitud de las creces.

No obstante todo lo dicho anteriormente, en el planeamiento a largo plazo de los sistemas de navegación y en el estudio de obras de envergadura, convendrá tener presente que el bajo costo de operación del transporte fluvial se contrarresta a menudo por elevadas inversiones en exclusas, represas, canalizaciones, etc. Además, las vías fluviales son demasiado lentas para cierto tipo de tráfico. En consecuencia, a medida que se realice el desarrollo de los llanos, no deberá descartarse, sólo por la navegación, la posibilidad de construir algunos caminos para resolver los crecientes problemas de transporte. Además, dada la topografía de esas regiones, en las zonas que están libres de inundaciones, las carreteras probablemente demanden inversiones reducidas.

El Plan de Desarrollo Económico y Social 1962-71, considera la incorporación de los siguientes tramos navegables a la red troncal de vías de comunicación del país:

a) En el sistema del Mamoré: Puerto Villarroel-Guayaramerín y también Puerto Chipiriri-Guayaramerín;

b) En el sistema Beni-Madre de Dios-Ortón: Puerto Salinas-Cachuela Esperanza-Villa Bella-Villa Murtinho; Puerto Porvenir hasta la desembocadura del Ortón en el Beni; y Puerto Heath-Riberalta.

c) En el sistema del Itenez: Puerto Villazón hasta la confluencia del río con el Mamoré.

En el cuadro 52 se presenta en detalle los principales recorridos fluviales, incluyendo las conexiones con la red de caminos nacionales y de países vecinos.

/Cuadro 52

Cuadro 52

BOLIVIA: RED FLUVIAL FUNDAMENTAL

| Vía fluvial | Puerto cabecera | Puerto final | Extensión aproximada (km) | Conexión con la red de caminos nacionales y las vías de países vecinos |
|---|---|---|---|---|
| 1. Beni-Orthon-Tahuamanu-Acre- Purús-Amazonas | Puerto Salinas | Porvenir | 1 234 | Río Beni-La Paz y Porvenir-Cobija, por carretera. Acre-Purús, por barco. |
| 2. Beni-Madre de Dios | Puerto Salinas | Maldonado (Perú) | 1 412 | Río Beni-La Paz, por carretera. Maldonado-Mollendo (Perú), por carretera. |
| 3. Beni-Mamoré | Puerto Salinas | Villa Bella | 874 | Río Beni-La Paz, por carretera. Villa Murtinho-Porto Belho (Brasil) por ferrocarriles. |
| 4. Chipiriri-Isiboro-Securé-Mamoré | Puerto Brañez | Guayaramerín | 1 191 | Río Chipiriri-Cochabamba, por carretera. Guayaramerín-Porto Belho (Brasil) por ferrocarril. |
| 5. Chapare-Mamoré | Todos Santos | Guayaramerín | 1 304 | Todos Santos-Cochabamba, por carretera. Guayaramerín-Porto Belho (Brasil), por ferrocarril. |
| 6. Ichilo-Mamoré | Puerto Villaroel | Guayaramerín | 1 459 | Por carretera en proyecto a Montepunco, Guayaramerín-Porto Belho (Brasil) por ferrocarril. Puerto Grether-Buena Vista-Portachuelo-Montero-Santa Cruz, carretera. |
| 7. Ichilo-Mamoré | Puerto Grether | Guayaramerín | 1 579 | Guayaramerín-Porto Belho (Brasil) por ferrocarril. |
| 8. Chipiriri-Mamoré-Itenez | Puerto Brañez | Puerto Vázquez | 1 886 | Chipiriri-Cochabamba, por carretera. Matto-Grosso- San Luis de Cáceres (Brasil), por carretera. Luego Río Paraguay o ferrocarril a Santos. |
| 9. Itonamas-Itenez-Mamoré | San Pablo | Guayaramerín | 940 | San Pablo-Ascensión-Santa Cruz, por carretera. Guayaramerín-Porto Belho (Brasil), por ferrocarril. |
| 10. Blanco-Itenez-Mamoré | Urubichá | Guayaramerín | 965 | Urubichá-Ascensión-Santa Cruz, por carretera. Guayaramerín-Porto Belho (Brasil), por ferrocarril. |
| 11. Paraguay-Itenez-Mamoré | Puerto Jesús | Guayaramerín | 855 | Puerto Jesús-San Ignacio-San José-Santa Cruz, por carretera. Guayaramerín a Porto Belho (Brasil), por ferrocarril. |
| 12. Paraguay-Río de La Plata | Puerto Suárez | Puerto Busch | 371 | Puerto Suárez-Santa Cruz, por ferrocarril. Puerto Suárez-Corumbá-Canal Tamengo-Río Paraguay-Río de la Plata. |

/III. INVERSIONES

## III. INVERSIONES PREVISTAS

El mismo Plan de Desarrollo considera inversiones de casi 2.5 millones de dólares para el período 1962-71 en instalaciones fijas, equipos de limpieza y material de transporte en los sistemas del Mamoré y Beni. (Véase el cuadro 53.) Obsérvese que de esas inversiones corresponde a las instalaciones fijas - incluyendo puertos y astilleros - cerca del 50 por ciento. Las obras portuarias incluirán no sólo los mecanismos y construcciones, sino también el abastecimiento adecuado de agua potable, combustibles y vituallas. La distribución de esas inversiones por quinquenio y el presupuesto de gastos corrientes, dividido en la misma forma, se ofrecen en el cuadro 54.

/Cuadro 53

Cuadro 53

BOLIVIA: INVERSIONES EN MATERIAL, EQUIPO Y GASTOS CORRIENTES PARA LA INSTALACION Y EXPLOTACION DEL TRANSPORTE FLUVIAL

| Sistema fluvial | Clase de material y equipo | Unidades | Valor en dólares |
|---|---|---|---|
| Beni y Mamoré | A. Material y equipo para la limpieza de ríos: | | |
| | Barcos hidrográficos y equipos | 2 | 83 580 |
| | Snag Boat (Saca Palos) | 2 | 394 400 |
| | Remolcadores de servicio | 2 | 29 000 |
| | Juegos de boyas y accesorios | 3 | 104 400 |
| | Subtotal | | 611 380 |
| | B. Instalaciones fijas | | |
| | Pontones flotantes, básculas y artefactos para puertos | 8 | 900 160 |
| | Astilleros | 2 | 232 000 |
| | Subtotal | | 1 132 160 |
| | C. Material de transportes | | |
| | 1. Para el río Beni | | |
| | Empujador de 150 H.P. | 1 | 69 600 |
| | Barcazas para carga de 50 tons. | 2 | 13 920 |
| | Barcazas para 50 cabezas de ganado | 2 | 11 600 |
| | Barcos para pasajeros | 1 | 52 200 |
| | Subtotal | | 147 320 |
| | 2. Para el río Mamoré | | |
| | Empujador de 270 H.P. | 2 | 208 800 |
| | Barcazas para carga de 100 tons. | 2 | 55 680 |
| | Barcazas para 100 cabezas de ganado | 2 | 46 400 |
| | Barcos de pasajeros | 1 | 52 200 |
| | Subtotal | | 363 080 |
| | D. 10% para transporte e instalación de los materiales y equipos en sus respectivas bases de operación | | 225 394 |
| | Total | | 2 479 334 |

/Cuadro 54

Cuadro 54

BOLIVIA: MATERIAL, EQUIPO Y GASTOS CORRIENTES PARA LA INSTALACION Y EXPLOTACION DEL TRANSPORTE FLUVIAL

(En dólares)

| | Primer quinquenio | Segundo quinquenio | Total general |
|---|---|---|---|
| I. Inversiones | | | |
| A. Material de limpieza de ríos | 611 380 | - | 611 380 |
| B. Material para instalaciones fijas: | | | |
| 1. Para 2 astilleros | 116 000 | 116 000 | 232 000 |
| 2. Para 8 puertos | 675 120 | 225 040 | 900 160 |
| C. Material de transportes: | | | |
| 1. Para el río Beni | 147 320 | - | 147 320 |
| 2. Para el río Memoré | 310 880 | 52 200 | 363 080 |
| D. Inversiones para transporte e instalación de material y equipo | 186 070 | 39 324 | 225 394 |
| Total de inversiones | 2 046 770 | 432 564 | 2 479 334 |
| II. Gastos corrientes | | | |
| 1. Personal de operación de reconocimiento | 13 792 | - | 13 792 |
| 2. Personal para la limpieza de ríos | 22 310 | 22 310 | 44 620 |
| 3. Personal para la operación de transportes | 24 231 | 11 539 | 35 770 |
| 4. Personal permanente de astilleros | 28 850 | 28 850 | 57 700 |
| 5. Combustibles y lubricantes para astilleros | | | |
| Mantenimiento de material y equipo: | | | |
| - De limpieza de ríos | 305 690 | 305 690 | 611 380 |
| - De astilleros | 58 000 | 58 000 | 116 000 |
| - De transportes | 45 820 | 5 220 | 51 040 |
| Total gastos corrientes | 505 908 | 438 824 | 944 732 |
| Total | 2 552 678 | 871 388 | 3 424 066 |

/Capítulo VII

Capítulo VII

# CONTROL DE INUNDACIONES Y CONSERVACION DE SUELOS

## I. SITUACION ACTUAL

En Bolivia hay dos regiones de importancia económica actual que registran periódicamente graves inundaciones: la zona de los Llanos, comprendida entre los ríos Beni, Mamoré e Itonamas (entre los paralelos 12° y 15° aproximadamente), y la del Altiplano cerca a Oruro, donde se desborda el río Desaguadero acrecentado por sus afluentes Mauri y Caranguillas. En la actualidad no existe en ninguna de esas zonas tipo de control alguno para reducir los daños inherentes.

Los ríos Beni y Mamoré inundan anualmente extensas regiones bajas de las provincias de Ballivian, Yacuma, Mamoré, Marbán y Cercado del Departamento del Beni. Sin embargo, en la actualidad, no se justifica económicamente realizar inversiones en grandes obras de control por diversas razones. La población que habita en estas zonas es reducida y la mayor parte de los daños causados por las inundaciones pueden aminorarse apreciablemente organizando un sistema de comunicaciones para anunciar con anticipación el peligro y facilitar su evacuación oportuna. La experiencia de años anteriores señala que las mayores pérdidas corresponden al ganado que se ahoga en el período de las creces de los ríos, daño que puede evitarse desplazándolo oportunamente a zonas un poco más altas. Mientras aumenta la colonización y crece la población de estas regiones, deben realizarse reconocimientos, levantamientos de planos y perfiles longitudinales de los ríos, aforos, investigaciones sobre calidades de suelos, etc. con el fin de acumular la información básica indispensable para estudiar adecuadamente el problema en sus aspectos técnicos y económicos. Es muy importante, y requiere tiempo, la determinación de las características del escurrimiento en los ríos y las correspondientes zonas de inundación para diferentes caudales.

Sólo con una información básica en varios aspectos se podrán delinear los métodos de control óptimos en cada lugar, incluyendo la reducción de los caudales máximos mediante embalses de regulación, y

/el confinamiento

el confinamiento del escurrimiento a determinados cauces mediante mejoras y rectificaciones, diques, etc. Será posible así estudiar los costos de las distintas medidas que pueden adoptarse y seleccionar las soluciones - simples o combinadas - que resulten más económicas para lograr determinados objetivos: las zonas a proteger y el grado de seguridad de esas protecciones. Finalmente se podrán analizar los costos y beneficios de cada proyecto y determinar su conveniencia económica.

Simultáneamente con el control de las creces de los ríos debe abordarse el problema del avenamiento de las tierras llanas y, en algunos casos, de las más bajas.

El alto nivel de la napa freática en muchos lugares permitirá cubrir mediante bombeo las necesidades de agua, con diversos fines. La desecación de muchos pantanos interesa no sólo desde el punto de vista de habilitación de tierras para la agricultura y ganadería, sino también para el saneamiento - malaria, fiebre amarilla, etc. - de extensas regiones.

El proyecto del Bala para la producción de energía hidroeléctrica, el control de inundaciones y el mejoramiento de las condiciones de navegación del río Beni, está en consideración desde hace varios años. Se trata de una obra de gran aliento para el futuro. La formación montañosa que atraviesa ese río al sur de Rurrenabaque presenta un sitio de características muy favorables para la construcción de un gran embalse, con un dique de 80 metros de alto y unos 150 metros de ancho. Por desgracia, ese control estaría relativamente cerca de las cabeceras del río y sólo una porción reducida de su cuenca imbrífera caería bajo la acción reguladora de él.[1/]

---

1/ En Bolivia se considera que cerca de un millón de hectáreas de tierras se beneficiarían con esta obra. Sin embargo, en términos generales, la experiencia en muchos lugares indica que por lo menos una tercera parte del área total de drenaje de una cuenca debe encontrarse bajo el control de embalses, para lograr una reducción efectiva de sus creces.

/Este proyecto

Este proyecto deberá estudiarse con las informaciones hidrológicas básicas, acumuladas como parte del programa nacional de investigación de los recursos hidráulicos. Cuando el área del río Beni esté muy desarrollada, ese río será de la mayor importancia económica por su influencia adicional en el suministro de energía y en la navegación. Se estima que su potencial hidroeléctrico económico superaría los 500 000 kW y que la reducción en la longitud de diversos caminos a construirse, representaría una economía grande pues esas vías serían sustituidas por la navegación en el lago artificial que se formaría de 60 kilómetros de longitud, a lo largo del río, y unos 1 800 kilómetros$^2$ de superficie.

Un proyecto de fines múltiples con mayores probabilidades de justificación económica inmediata es el destinado a controlar las inundaciones cerca a Oruro. Desde hace más de 50 años la vegetación arbustiva y de pajonales en las cabeceras del río Mauri se ha ido cortando indiscriminadamente y transportando en ferrocarril para emplearla como combustible. Como consecuencia de la eliminación de ese elemento protector del suelo, una extensa erosión castiga a la zona y el río transporta grandes cantidades de sedimentos que van a depositarse en la desembocadura del río Desaguadero en el lago Poopó, provocando las inundaciones correspondientes. El río Desaguadero, antes navegable en pequeña escala, ha perdido esa utilidad con el embancamiento de su curso inferior.

Se deberán investigar los medios para controlar la erosión en el río Mauri y evitar así el transporte y la sedimentación correspondiente, con sus perniciosas consecuencias. Posteriormente convendría estudiar el proyecto de embalse del Desaguadero, para el que existen diferentes soluciones, con fines de riego y producción de energía y determinar sus posibilidades económicas. Este proyecto sería una parte importante del posible desarrollo de esta zona del Altiplano.

La erosión presenta características muy graves en diversas regiones del país (Valles de Sucre, Tarija, Tupiza, Cotagaita, Vallegrande, Mizque, etc.). En relación con las prácticas agrícolas inadecuadas que

/se emplean

se emplean en Bolivia, se han mencionado ya algunas excepcionalmente adversas y que favorecen la erosión: los cultivos en las laderas de las montañas, con surcos que se alejan apreciablemente de las líneas de nivel; el sobrepastoreo; la falta de rotación en los cultivos, y la destrucción de la vegetación natural, en procura de combustibles.

En el altiplano es muy frecuente que la falta de obras de drenaje y de mejoramiento de los lechos de ríos y quebradas provoque que las aguas corran peligrosamente fuera de sus cauces normales, destruyendo terrenos de cultivo y caminos.

La erosión profunda de las capas superiores del suelo, más absorbentes, deja al descubierto las menos permeables del subsuelo, agravando los problemas relacionados con el escurrimiento incontrolado del agua, principalmente en cuanto a creces e inundaciones. Este proceso - que no ha logrado aún una acción práctica por parte de las autoridades correspondientes ni alterar la indiferencia de la gente del campo - es, por su propia naturaleza, de características adversas que con el tiempo crecen en intensidad y extensión.

Además del daño directo gravísimo que causa la erosión en las tierras de cultivo inutilizándolas, las aguas, cargadas con los materiales de arrastre correspondientes, crean otros problemas adicionales, pues es preciso purificarlas en mayor o menor grado para su empleo en el consumo doméstico, en las industrias, en la producción de energía eléctrica o en el riego. Se achica el volumen y se acorta la vida útil de los embalses por su embancamiento. La sedimentación en los mismos lechos de los ríos provoca la inestabilidad de sus recorridos, acrecienta el peligro de las inundaciones y reduce la capacidad de la navegación.

Es penosísimo el espectáculo que presenta, por ejemplo, la cuenca alta del río Pilcomayo, por el estado avanzado en que se encuentra la erosión. En las inmediaciones de la ciudad de Sucre es posible comprobar la gravísima influencia que tiene en ese proceso el sobrepastoreo de las laderas de las montañas, principalmente con rebaños de cabras. Impresiona en forma extraordinaria - incluso a los neófitos en materia de conservación de suelos - contemplar desde un avión el avanzado proceso de destrucción

/en que

en que se encuentran las tierras cerca de la ciudad de Tarija. También el río Grande, en sus cuencas alta y media, muestra efectos similares de deterioro. En general los habitantes de los departamentos de Tarija, Chuquisaca y Cochabamba observan que el régimen hidrológico en los últimos años ha empeorado, produciéndose riadas más grandes y estiajes de mayor duración, fenómenos que se explican principalmente por el desbosque y sobrepastoreo de las cuencas altas, sumadas a las prácticas agrícolas antes mencionadas, que agravan la destrucción de los suelos.

Los lechos de algunos ríos torrentosos que atraviesan poblaciones importantes han sido canalizados mediante diques longitudinales, para fijar su curso y evitar inundaciones. Tal es el caso del Choqueyapu en La Paz, y el Rocha en Cochabamba. En el primero se ha entubado el río en algunos sectores céntricos de la ciudad. Además es frecuente encontrar en los valles principales defensas ribereñas, en ríos y quebradas, para evitar daños en épocas de crecida a campos de cultivo (Yotala), líneas de ferrocarril (Oruro-Cochabamba), caminos, etc.

Como la mayor parte de estas obras han sido construidas hace 20 ó más años, muchas realizadas por iniciativa privada y abarcan en tamaño una amplísima gama, no es posible tener una información fidedigna de las inversiones realizadas en esta materia. Sin embargo, una estimación rápida para fijar sólo un órden de magnitud arroja una cifra equivalente a 3 millones de dólares.

## II. RECOMENDACIONES

De las consideraciones anteriores surgen las recomendaciones principales siguientes:

1. Dotar al gobierno de los recursos legales necesarios para racionalizar la explotación de pastos y bosques (pastoreo, extracción de maderas, etc.) y limitar en ciertos aspectos determinadas prácticas campesinas que van exterminando las reducidas tierras aptas para la agricultura, sobre todo en el altiplano y los valles;
2. Creación de un organismo dentro del Ministerio de Agricultura que se ocupe específicamente de la conservación de los suelos y

/corrección de

corrección de torrentes, con los medios económicos y la autoridad suficientes para realizar obras de reforestación; obligar a la replantación de zonas taladas; clausurar determinadas zonas destinadas al pastoreo; limitar el número de animales que puedan pastar por hectárea y el período de pastoreo; fijar las zonas forestales que puedan explotarse para extraer madera y los métodos de explotación, etc. A este fin será conveniente obtener la asistencia técnica necesaria de los organismos internacionales pertinentes;

3. Crear una conciencia nacional de que el recurso conjunto "tierra-agua", indispensable para la vida del país, se encuentra en avanzado proceso de destrucción por determinadas prácticas perniciosas de quienes lo explotan, y que es necesaria la cooperación del campesino con las autoridades, cumpliendo fielmente las indicaciones que de ellas emanen, para poner atajo inmediato a este empobrecimiento colectivo;

4. Organizar la obtención y recolección sistemática y continuada de las diversas informaciones necesarias para estudiar técnica y económicamente el problema de las inundaciones y el avenamiento de suelos en el altiplano (inmediaciones de Oruro) y en los llanos (principalmente en el departamento del Beni).

/Capítulo VIII

# Capítulo VIII

# ORGANIZACION ADMINISTRATIVA

## I. SITUACION ACTUAL

No existe en Bolivia una autoridad administrativa para formular una política hidráulica integral que tenga en cuenta los posibles conflictos o la complementación de los distintos usos planeados separadamente. La organización administrativa del gobierno para el aprovechamiento del agua no es muy adecuada. En determinados aspectos hay duplicación de organismos con atribuciones no bien definidas que a veces superponen sus funciones. En otros, por el contrario, hay carencia de actividades. Como ejemplo del primer caso puede citarse el agua potable, actividad en la que tienen ingerencia el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (Departamento de Hidráulica y Electricidad), el Ministerio de Salud Pública (División de Saneamiento Ambiental), las municipalidades respectivas y, en algunos casos, las prefecturas departamentales e incluso "comités impulsores" especiales. Ejemplo opuesto es la falta de un organismo que se ocupe específicamente de las vías fluviales navegables. Aunque fue creada la Dirección Nacional de Navegación e Hidrografía por un Decreto Supremo en diciembre de 1960, su organización estaba aún pendiente cuando se redactó este informe.

Las reparticiones públicas principales que se ocupan de un modo u otro del aprovechamiento del agua son las siguientes:[1/]

a) Agua potable: Departamento de Hidráulica y Electricidad (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones); División de Saneamiento Ambiental (Ministerio de Salud Pública); Prefecturas Departamentales (Ministerio de Gobierno); Municipalidades; Servicio de Agua Subterránea de la Corporación Boliviana de Fomento; Ministerio de Defensa.

---

1/ En las secciones sobre hidrometeorología e hidrología del capítulo I se citaron las que se encargan de las observaciones y mediciones correspondientes.

/b) Utilización

b) Utilización en la industria y la minería: Corporación Boliviana de Fomento (industrias dependientes de esta institución y el Servicio de Agua Subterránea); Yacimientos Petrolíferos Fiscales; Corporación Minera de Bolivia.

c) Riego: Dirección de Riego (Ministerio de Agricultura); Universidades.

d) Hidroelectricidad: Corporación Boliviana de Fomento; Municipalidades.

e) Navegación: Dirección Nacional de Navegación e Hidrografía; Ministerio de Defensa.

## II. MEDIDAS SUGERIDAS

Sería muy conveniente realizar un estudio minucioso para racionalizar la organización actual de todas las dependencias públicas que tienen ingerencia en las investigaciones y manejo del agua, con el fin de conseguir una distribución más lógica de las labores y refundir o eliminar organismos que se ocupan de una misma función.

Para orientar la racionalización antes indicada parecen adecuadas las siguientes medidas:

a) Creación de un Comité Nacional de Meteorología e Hidrología;

b) Creación de un Centro de Coordinación de los Recursos Hidráulicos en la Junta Nacional de Planeamiento;

c) Creación de un organismo nacional encargado de promover el desarrollo de los servicios públicos de agua potable y alcantarillado;

d) Organización de la Dirección Nacional de Navegación e Hidrografía como autoridad máxima en materia de navegación fluvial y lacustre;

e) Especificar la autoridad nacional superior en materia de Planificación y, eventualmente, ejecución del plan de electrificación;

f) Delimitación de las funciones de cada organismo.

/1. Comité

1. Comité Nacional de Meteorología e Hidrología

En otro lugar de este informe se dan detalles de este organismo.[2/]

2. Centro de Coordinación de los Recursos Hidráulicos

Con responsabilidades ejecutivas en el campo del agua, distribuidas en varias reparticiones públicas dependientes a su vez de distintos ministerios, resulta imprescindible la coordinación de sus actividades. Con el fin de promover un desarrollo sistemático y eficiente de los recursos hidráulicos se recomienda la creación de un Centro Coordinador a un nivel apropiado en la Junta Nacional de Planeamiento.[3/]

El Centro se ocuparía de definir la política general sobre los recursos hidráulicos; planificar, evaluar y financiar proyectos y programas; centralizar la información básica necesaria para formular proyectos y programas, etc.

a) Política general

Los aspectos que requieren atención preferente en esta materia son:

i) División de responsabilidades para el desarrollo de los recursos entre los sectores público y privado de la economía y entre los distintos niveles gubernamentales;

ii) Determinación de prioridades y relaciones entre los distintos usos y consumidores de agua;

iii) La medida en la que el desarrollo de los recursos hidráulicos y las reglamentaciones pertinentes deberían usarse para promover otros objetivos de política nacional: tamaño de las fincas y consolidación de propiedades, colonización, reajustes en la distribución del ingreso y de la propiedad, etc.;

iv) El papel de los recursos hidráulicos para estimular el crecimiento económico nacional y promover los desarrollos regionales;

---

2/ Véase la sección IV del capítulo I.

3/ Véase en el anexo el gráfico correspondiente.

/v) Distribución

v) Distribución de la responsabilidad financiera entre los distintos beneficiarios de un proyecto;

vi) Incentivos versus reglamentaciones en el logro de los objetivos de un programa;

vii) Forma y medida de la participacipación de Bolivia en los programas de desarrollo de ríos y lagos internacionales.

b) Planificación y evaluación de proyectos y programas

La función planificadora incluiría la estimación de los recursos potenciales de desarrollo y la preparación de planes integrales de gran alcance, de los recursos hidráulicos en todo el país, incluyendo:

i) Programas integrales para el desarrollo de los recursos hidráulicos por cuencas;

ii) Desarrollo equilibrado de obras destinadas a diversos fines: energía, riego, suministro de agua (potable e industrial), control de inundaciones y navegación, sea con proyectos de objetivo único u objetivos múltiples, de acuerdo con las necesidades nacionales y regionales;

iii) Establecimiento de normas técnicas y económicas y criterios para la formulación y evaluación de proyectos y programas;

iv) Revisión, modificación y asignación de grado de prioridad a proyectos propuestos por organismos operadores, a base de consideraciones tales como las necesidades, la calidad de los datos básicos disponibles, las posibilidades económicas y financieras, la compatibilidad con programas integrales de desarrollo hidráulico y las contribuciones al crecimiento económico regional y nacional.

v) Programación de la investigación de posibles proyectos con anticipación suficiente como para contar con las informaciones, técnicas y económicas, adecuadas a la formulación y evaluación del proyecto, cuando se llegue a la etapa de planeamiento en detalle.

/c) Otras

c) Otras funciones conexas

Otras actividades del Centro incluirían:

i) El establecimiento y mantenimiento de un archivo o cardex que cubra toda la información disponible en materia de agua, las actividades de todos los organismos relacionados con su medición y su uso, el estado en que se encuentran los proyectos y las obras en operación, los informes de comisiones, grupos de estudio y expertos, y otros asuntos pertinentes;

ii) La revision, coordinación e iniciativas sobre solicitudes de asistencia técnica, programas de capacitación, y otras colaboraciones de organismos internacionales relacionados con el agua;

iii) Realización de paneles de especialistas provenientes de las oficinas operadoras y de otras dependencias de la Junta de Planeamiento para trabajar en problemas específicos de acuerdo con las necesidades.

El personal requerido inicialmente por el Centro de Coordinación incluiría como mínimo: un economista en recursos hidráulicos, un ingeniero hidraulicista y un hidrometeorólogo general. Como se indica posteriormente, sería recomendable solicitar la asistencia técnica de un analista en recursos hidráulicos en general, para que trabaje dos o tres años con el Centro de Coordinación.

3. Organismo nacional promotor de los servicios públicos de agua potable y alcantarillado

Para asegurar el planeamiento sistemático de los suministros de agua potable y servicios de alcantarillado en la nación debe centrarse la responsabilidad sobre estos aspectos en un organismo nacional como el que se proyectó con el nombre de "Junta Autónoma Nacional de Aguas Potables y Alcantarillado", con la cooperación directa de aquellas reparticiones encargadas también del suministro de agua, dependientes de los ministerios de Obras Públicas y de Salud Pública. La creación de este organismo contribuiría a la coordinación y planificación efectiva de todas las actividades relacionadas con el suministro de agua potable y alcantarillados.

/4. Dirección

4. Dirección Nacional de Navegación e Hidrografía

La organización de esta dependencia especializada, responsable de la planificación y desarrollo de la navegación fluvial y lacustre, así como de las investigaciones hidrográficas, promoverá la ampliación ordenada de facilidades (navegabilidad, instalaciones, equipos, etc.), operación y administración de los sistemas fluviales y lacustres para el transporte de personas y mercancías.

5. Organismo nacional planificador de los servicios eléctricos

Dada la magnitud relativamente reducida de la programación inmediata de la energía eléctrica en todo el país, podrían encargarse al Departamento de Energía de la Corporación Boliviana de Fomento todas las labores de desarrollo en el ámbito de la actividad que competen a los capitales públicos, incluyendo la operación de algunos sistemas.

Esta situación se mantendría hasta que la expansión de las labores eléctricas en el país justifiquen la creación de una Autoridad Nacional de Energía Eléctrica, independiente de la Corporación Boliviana de Fomento, que eventualmente tendría las responsabilidades del desarrollo y operación de sistemas.

6. Otras medidas

Se sugieren a continuación otras medidas relacionadas con la distribución de responsabilidades y delimitación de funciones.

a) Departamento Hidrológico de la Corporación Boliviana de Fomento

Toda la información hidrológica convendrá coordinarla en este departamenteo, supeditado al control general del Centro de Coordinación. Esto permitiría una clasificación adecuada de los datos técnicos relacionados con las mediciones hidrométricas y de sedimentos, extensiones de series estadísticas, etc. obtenidas de diferentes organizaciones, tanto privadas como gubernamentales. Esta información sería a su vez accesible a todos los ministerios y oficinas ligadas con la planificación, proyecto u operación de obras hidráulicas.

/b) División

b) División de Agua Subterránea de la Corporación Boliviana de Fomento

Esta División, que necesita el refuerzo de una sección de investigación hidrogeológica (conviene solicitar asistencia técnica exterior), sería responsable de las operaciones en materia de agua subterránea y proporcionaría un servicio nacional sobre alumbramiento de agua para el suministro de población, riego, necesidades industriales, etc.

c) Dirección de Riego del Ministerio de Agricultura

A esta Dirección reforzada por varios expertos - incluyendo asistencia técnica exterior: un economista, un especialista en suelos y un agronómo - se le debe asignar la responsabilidad de toda la planificación del riego, el estudio de proyectos y la operación de sistemas. Debiera encargarse de ejecutar un programa nacional de riego bajo la guía general del "Centro de Coordinación". Sin embargo, la construcción propiamente dicha de los proyectos principales podría entregarse a una Corporación de Desarrollo (o a la Corporación Boliviana de Fomento), que dejaría a su vez la operación de los mismos a la Dirección de Riego a la terminación de las obras.

d) Instituto Geográfico Militar

Todo el trabajo de aerofotogrametría y confección de mapas debiera realizarse bajo la dirección general de este Instituto, que además se encargaría de coordinar las tareas pertinentes de Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos y de las compañías petroleras privadas, con el fin de conseguir una recopilación fidedigna y una clasificación completa de todos los trabajos cartográficos realizados en el país. Todo ese material técnico tendría que ser accesible a los diferentes organismos relavionados con el agua, para aprovechar así el máximo en sus respectivas tareas las fotografías aéreas disponibles.

/Capítulo IX

## Capítulo IX

## A S I S T E N C I A  T E C N I C A  R E Q U E R I D A

En varios capítulos de este informe se ha señalado la necesidad de obtener contribución técnica del exterior para organizar y fortalecer las instituciones públicas de Bolivia vinculadas a la investigación y aprovechamiento de los recursos hidráulicos. Sería conveniente que el país estudiara la posibilidad de solicitar asistencia a las Naciones Unidas para contar temporalmente con la asesoría de un experto en cada una de las especialidades siguientes: a) legislación hidráulica y organización administrativa; b) meteorología e hidrología; c) hidrogeología; y d) análisis general de recursos hidráulicos. Finalmente, debiera contarse con un grupo de expertos para cooperar en la formulación de los proyectos de riego, un economista agrícola y un agrónomo especialista en análisis de suelos.

Las labores que les correspondería realizar a cada uno de ellos son más o menos las siguientes:

Experto en legislación hidráulica y organización administrativa (3 a 6 meses)

Se ocuparía de preparar un código de aguas que haga posible el aprovechamiento óptimo de este recurso en relación con la economía nacional. Abarcaría, entre otras cosas: concesión de autoridad suficiente a los diversos organismos responsables para controlar y reglamentar el uso del agua; concesión de mercedes; derechos de propiedad; aspectos tarifarios, etc.

Trabajaría en estrecha colaboración con los organismos públicos existentes relacionados con el agua y, de preferencia, como agregado a la Junta Nacional de Planeamiento. Asesoraría además a las autoridades en la estructuración administrativa e institucional vinculada al agua.

Expertos en Meteorología e Hidrología (3 a 5 años)

Serían funciones de estos expertos en sus respectivos campos, las siguientes:

a) Asesorar y supervisar las ampliaciones propuestas de las redes meteorológicas e hidrológicas;
b) Realizar cursos para la formación de observadores y técnicos;
c) Asesorar sobre tipos de instrumental a usarse;
d) Asesorar sobre los asuntos técnicos e institucionales relativos a la coordinación de los diversos servicios;
e) Sugerir la colaboración de expertos de menor jerarquía.

/Atendiendo a

Atendiendo a las circunstancias relacionadas directamente con las posibilidades financieras del gobierno y la escasez de técnicos nacionales, algunas autoridades locales han pensado, a efectos de incrementar rápidamente sus redes meteorológica e hidrológica, que Bolivia podría requerir la asistencia del Fondo Especial de las Naciones Unidas, pues su solicitud cumpliría con los criterios para selección de proyectos de la organización.

Dada la situación geográfica en que se encuentra el país, es necesario destacar que el incremento de sus redes meteorológica e hidrológica, aunque contribuye directamente a su beneficio en esos campos, también aportará en alguna medida el conocimiento correspondiente en los países limítrofes.

Experto en hidrogeología (2 a 3 años)

Se encargaría de examinar toda la información disponible que hay en el país en materia de agua subterránea, así como de programar y dirigir un plan de investigaciones geofísicas con el objeto de localizar y evaluar ese recurso en las regiones que requieren de su aprovechamiento de inmediato o a corto plazo. Zonas como el Altiplano y los Valles que, por su potencialidad agrícola hacen especialmente atrayente el riego, debían ser consideradas con alta prioridad en estos estudios. Eventualmente, de acuerdo con el deseo expresado por algunas autoridades, podría solicitarse la colaboración del Fondo Especial de las Naciones Unidas en el programa de investigación y desarrollo de las aguas subterráneas.

Analista general de los recursos hidráulicos (2 a 3 años)

Trabajaría directamente en el Centro de Coordinación de los Recursos Hidráulicos que se recomienda organizar dentro de la Junta Nacional de Planeamiento. Se ocuparía de su asesoramiento en materias de alto nivel: política general en materia de aguas, planeamiento y evaluación de proyectos y programas, coordinación de las actividades de los expertos de asistencia técnica en materias hidráulicas, promoción en la búsqueda de informaciones básicas, etc.

/Por la

Por la labor que le competería, necesitaría simultáneamente conocimientos de ingeniería y economía (de preferencia ingeniero con experiencia en aprovechamientos hidráulicos y análisis económicos). Le correspondería examinar las necesidades de agua para el suministro urbano, la minería, la industria, la agricultura, la generación eléctrica, etc. Atendería también problemas relacionados con el control de inundaciones, la contaminación de cursos de agua, la corrección de torrentes, etc. Le tocaría orientar decisiones sobre empleo de recursos con fines múltiples, prioridades en usos alternativos, elección de fuentes alternativas, etc.

Grupo de expertos para cooperar en la formulación de proyectos de riego

Este grupo, que estaría constituido por un economista agrícola y un agrónomo especializado en análisis de suelos, trabajaría en estrecha colaboración con la Dirección de Riego y el Centro de Coordinación de los Recursos Hidráulicos. Se ocuparían primero de analizar detenidamente el valor agroeconómico de cada uno de los proyectos de riego, que la Dirección tiene en estudio (más de 40), incluyendo la orientación en la búsqueda de los datos básicos complementarios que sean necesarios. Posteriormente cooperaría en la formulación de un plan nacional de obras de riego integrado dentro del plan de desarrollo de los recursos hidráulicos y del económico general del país.

Su presencia sería necesaria sólo cuando se encare la reorganización y el fortalecimiento de la Dirección de Riego y esa oficina cuente con el personal nacional conveniente.

/Anexo

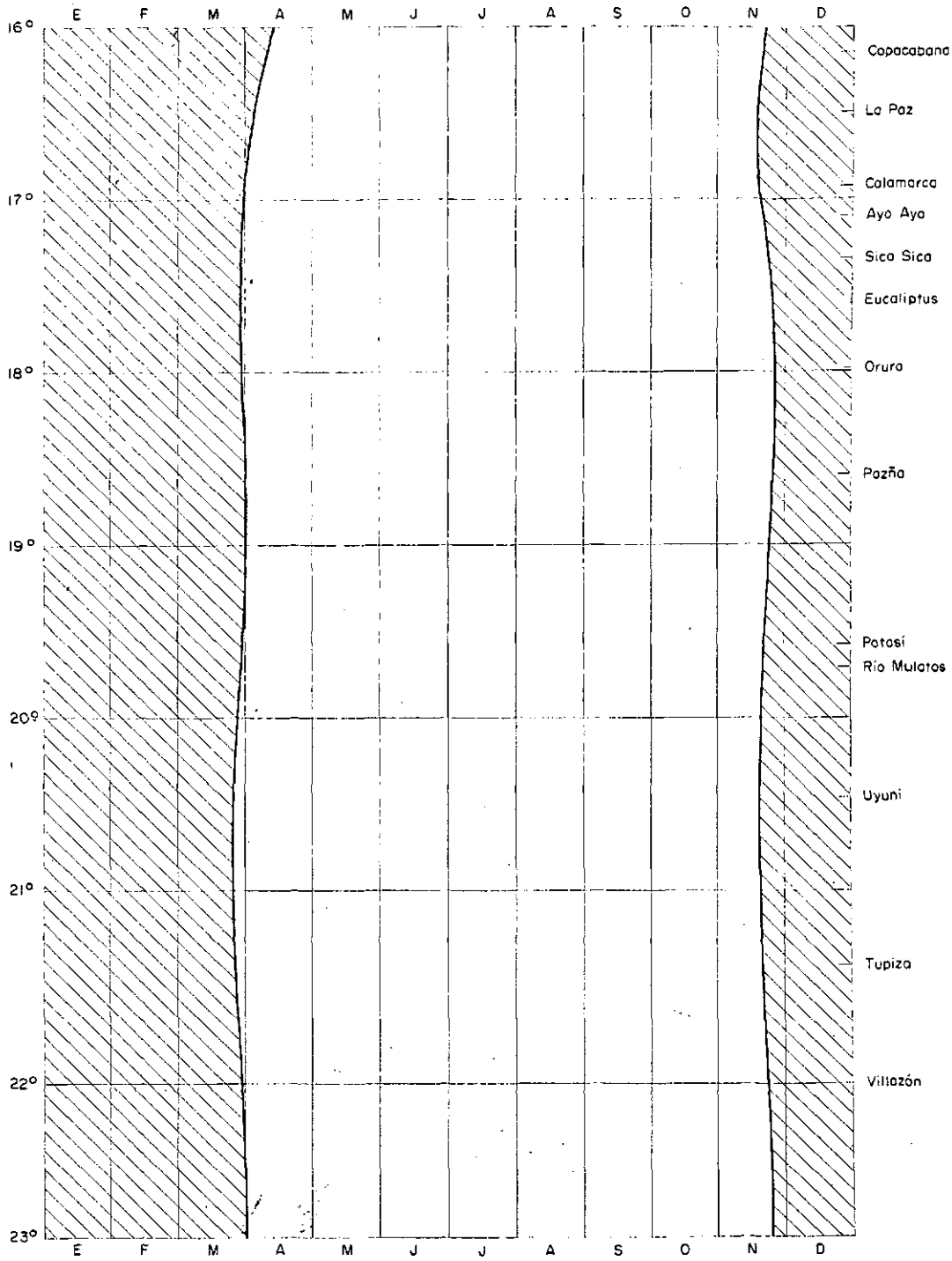
# A N E X O

# M A P A S  Y  G R A F I C O S

Gráfico I

# BOLIVIA.- PERIODO MAS LLUVIOSO EN LA REGION DEL ALTIPLANO

( Determinado según los cuocientes pluviométricos de Angot )




Período más lluvioso , coeficiente de Angot mayor que la unidad.

Gráfico 2

# BOLIVIA.- PERIODO MAS LLUVIOSO EN LA REGION DE LOS VALLES Y YUNGAS

( Determinado según los cuocientes pluviométricos de Angot )

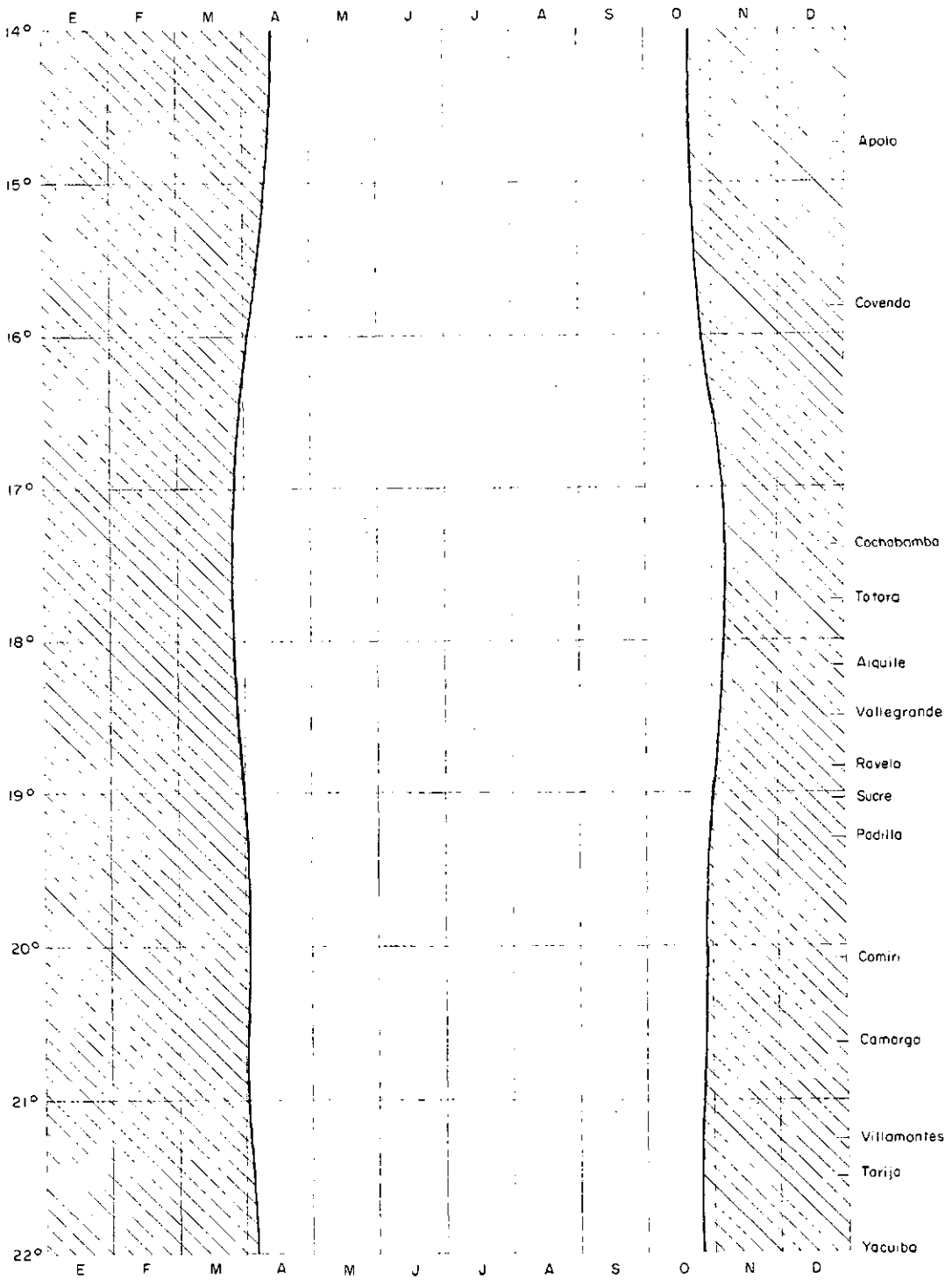
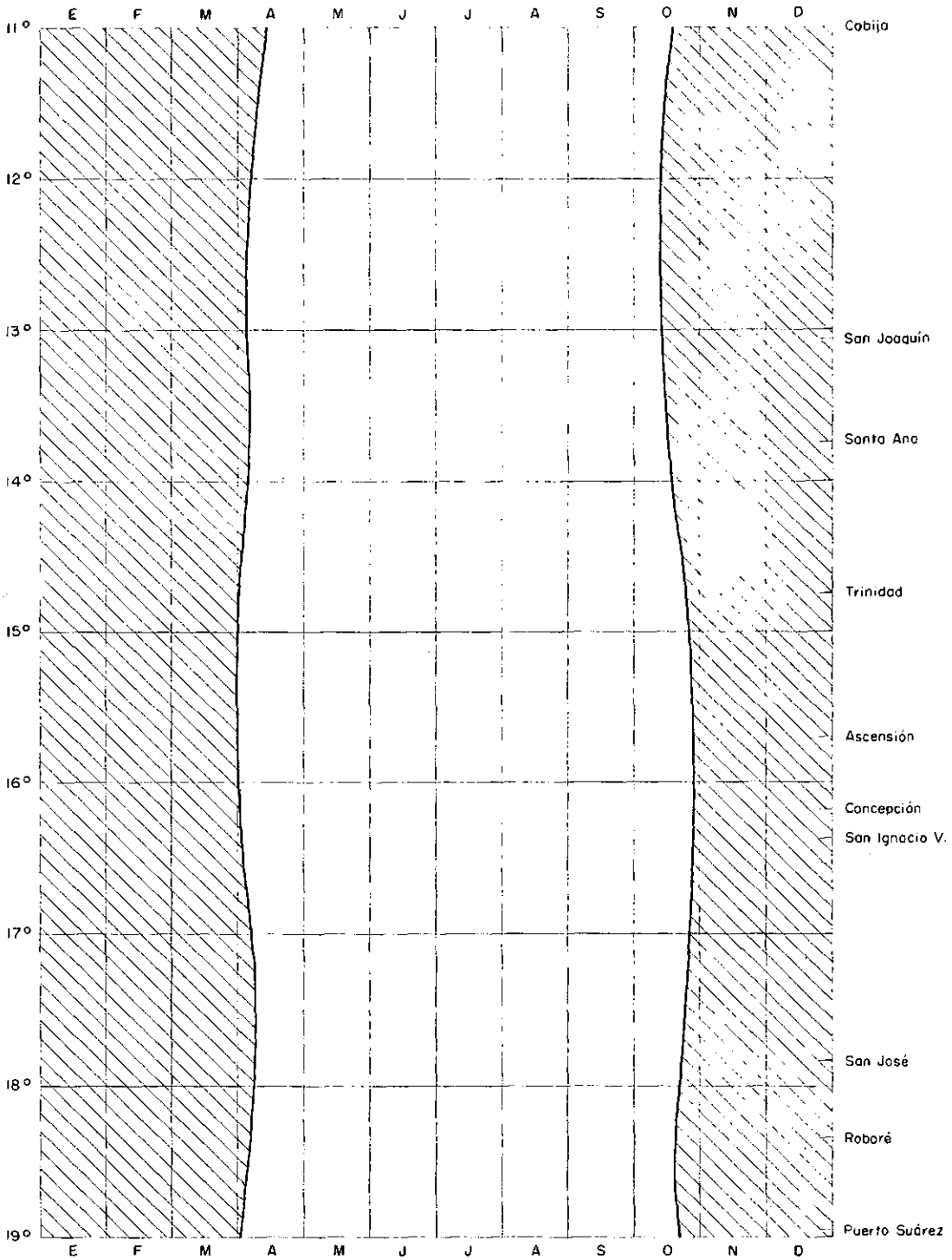


Gráfico 3

# BOLIVIA.- PERIODO MAS LLUVIOSO EN LA REGION DE LOS LLANOS

( Determinado según los cuocientes pluviométricos de Angot )




Período más lluvioso , coeficiente de Angot mayor que la unidad.

Gráfico 4

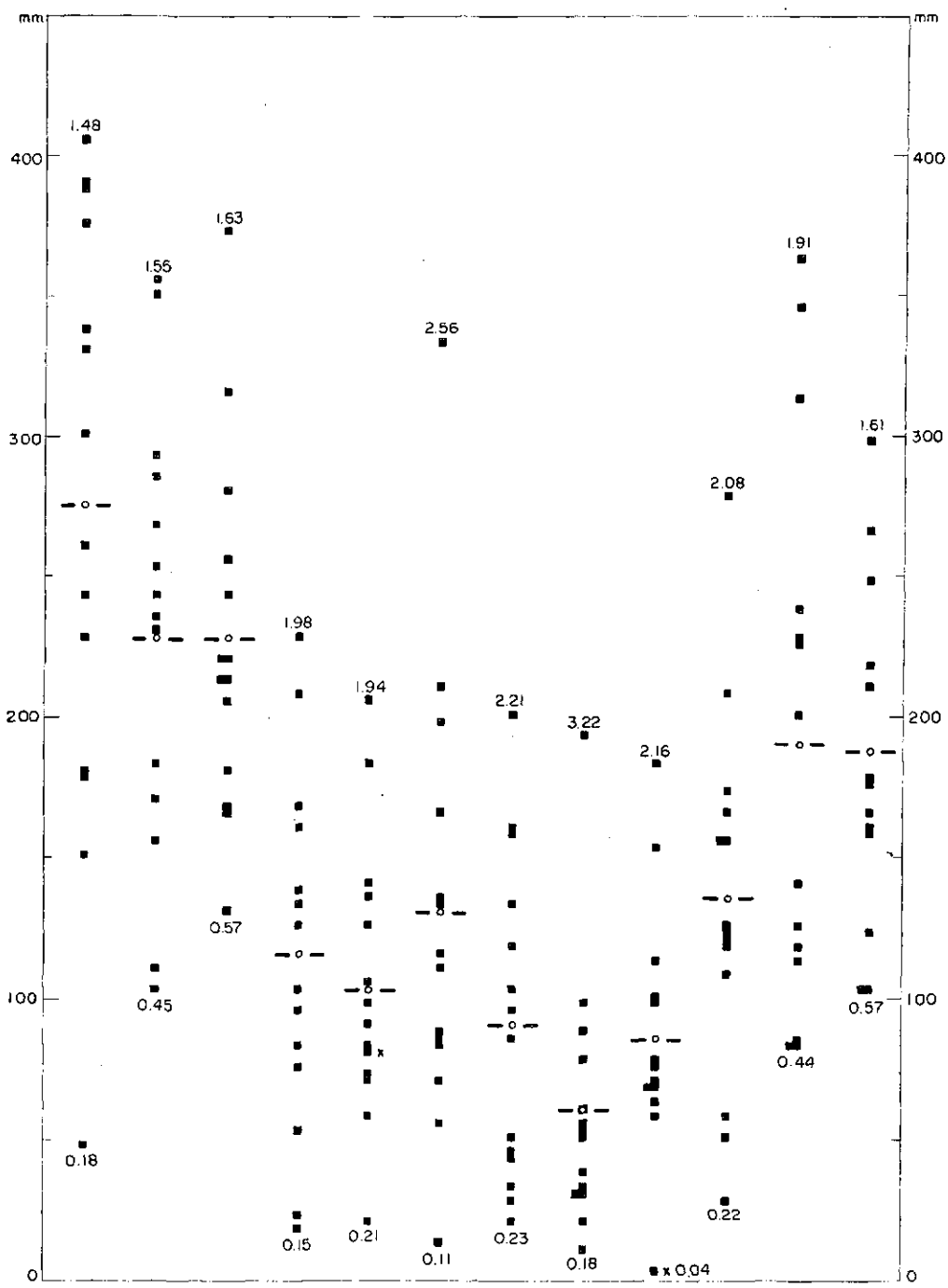
# DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION

## RURRENABAQUE (BOLIVIA)

LATITUD : 14° 28'  LONGITUD : 67° 35'  ALTURA : 227 mts

Promedio anual : 1834 mm

Período considerado : 1946 - 1959




—o— Valor promedio  x Valor mensual estimado

Los cifras indican la relación entre los valores máximo y mínimo mensuales con respecto al promedio mensual.

Gráfico 5

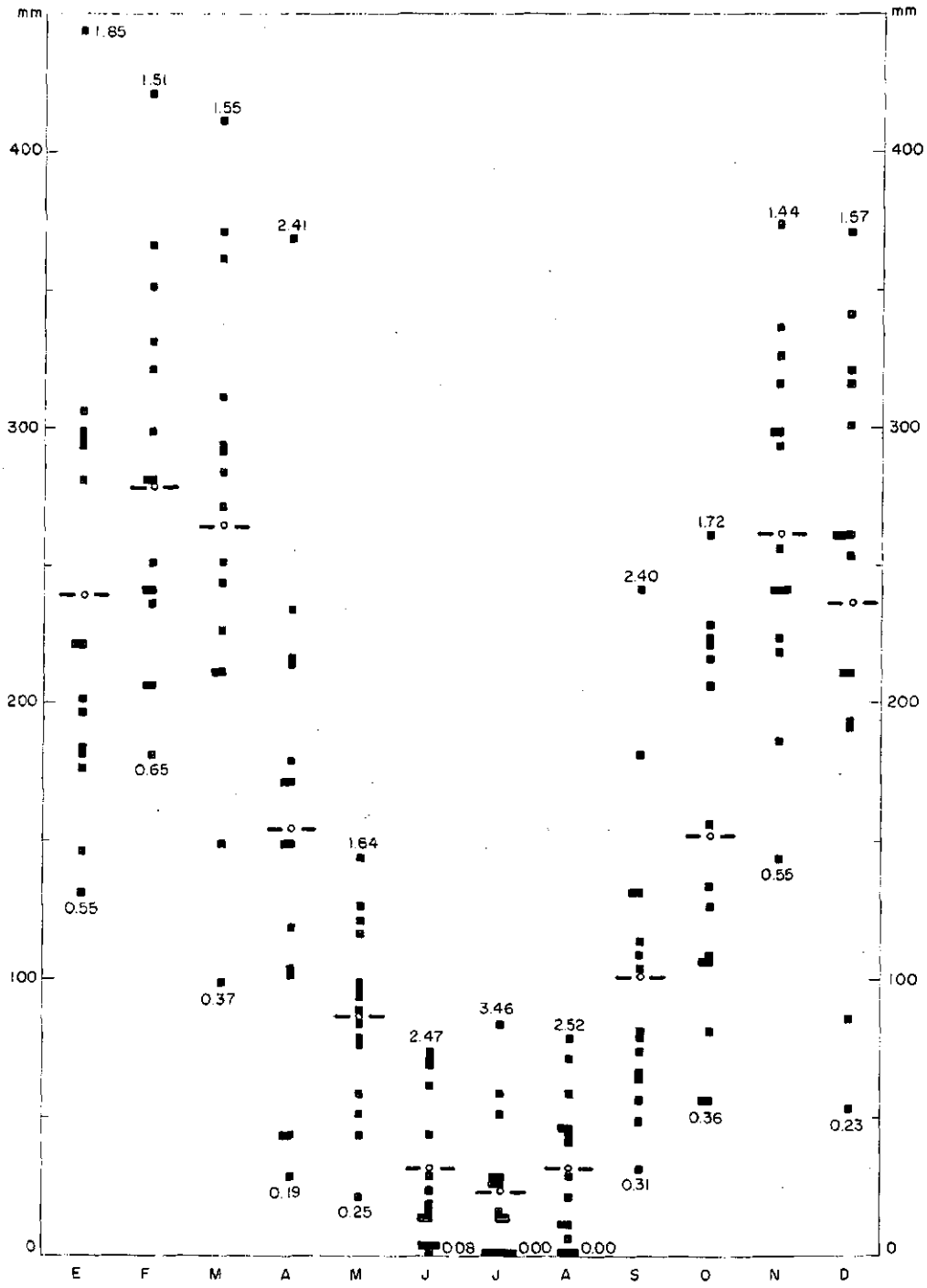
# DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION

## COBIJA (BOLIVIA)

LATITUD : 11° 04'  LONGITUD : 68° 44'  ALTURA : 260 mts

Promedio anual : 1852 mm

Período considerado : 1945 - 1959




— o — Valor promedio  x Valor mensual estimado

Las cifras indican la relación entre los valores máximo y mínimo mensuales con respecto al promedio mensual.

Gráfico 6

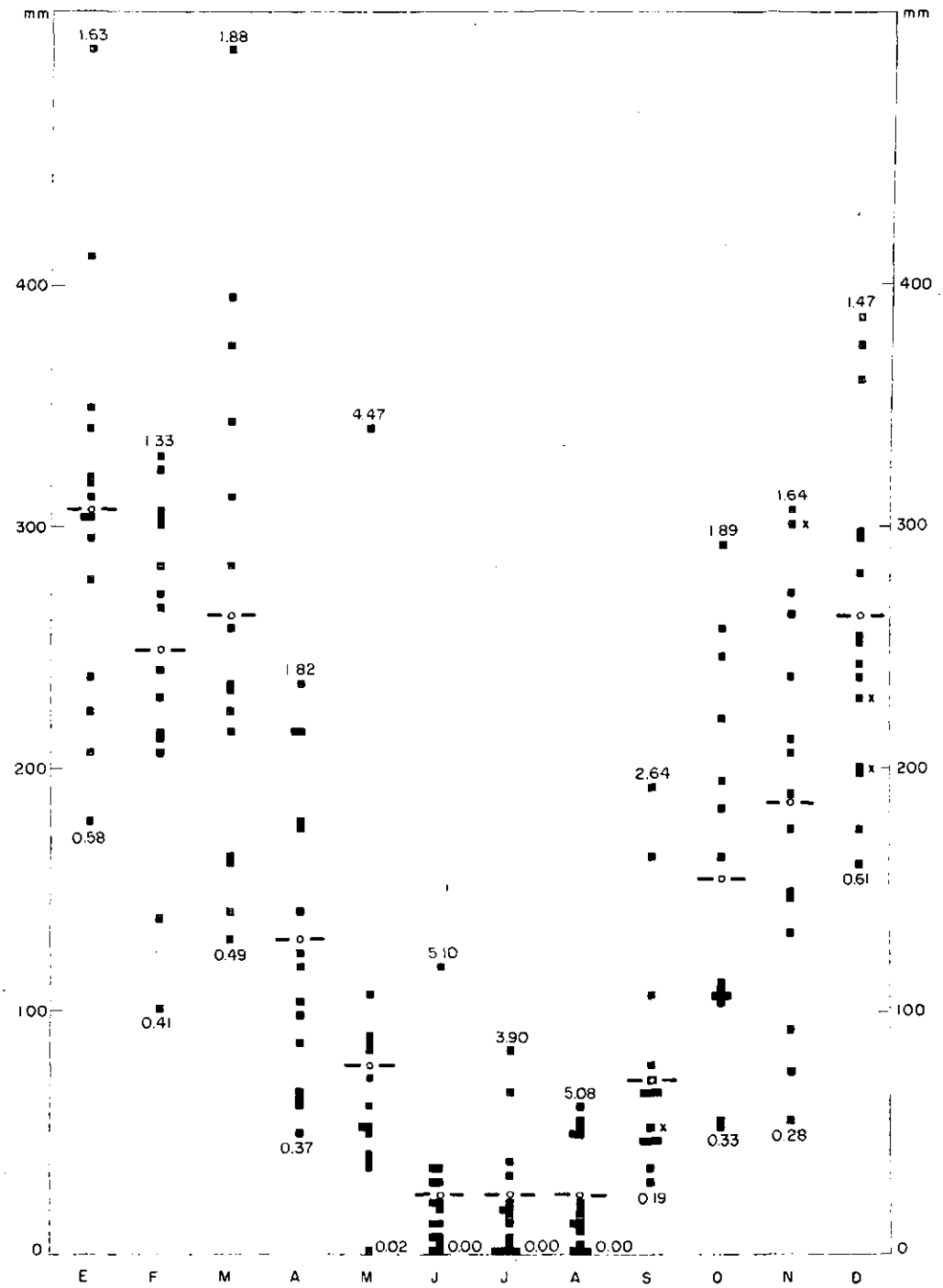
# DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION

## RIBERALTA (BOLIVIA)

LATITUD : 11° 00'  LONGITUD : 66° 05'  ALTURA : 172 mts

Promedio anual : 1765 mm

Período considerado : 1945 - 1959




Las cifras indican la relación entre los valores máximo y mínimo mensuales con respecto al promedio mensual.

Gráfico 7

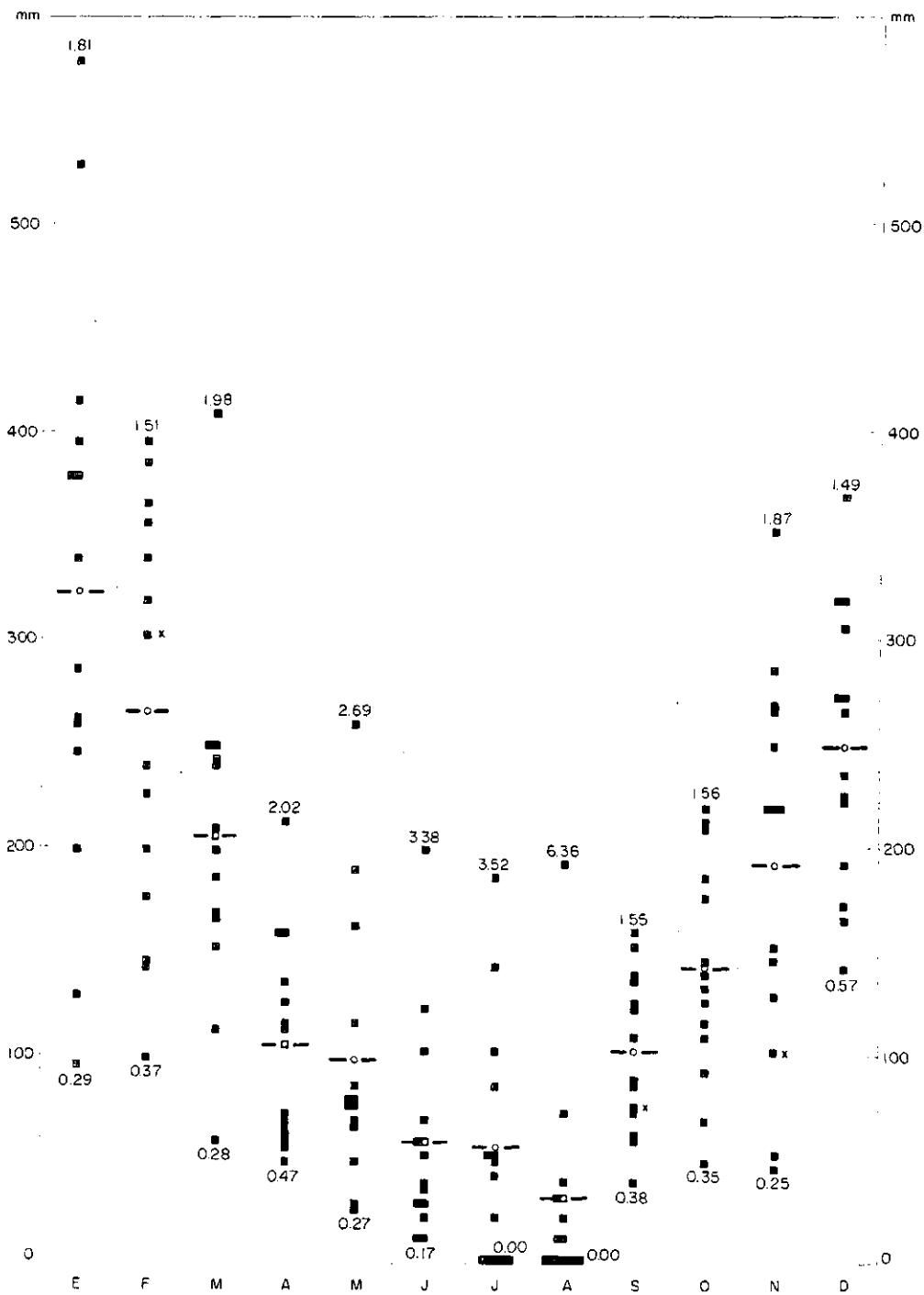
# DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION

## TRINIDAD (BOLIVIA)

LATITUD : 14° 45' LONGITUD : 64° 48' ALTURA : 236 mts

Promedio anual : 1812 mm

Período considerado : 1945 - 1958




Las cifras indican la relación entre los valores máximo y mínimo mensuales con respecto al promedio mensual.

Gráfico 8

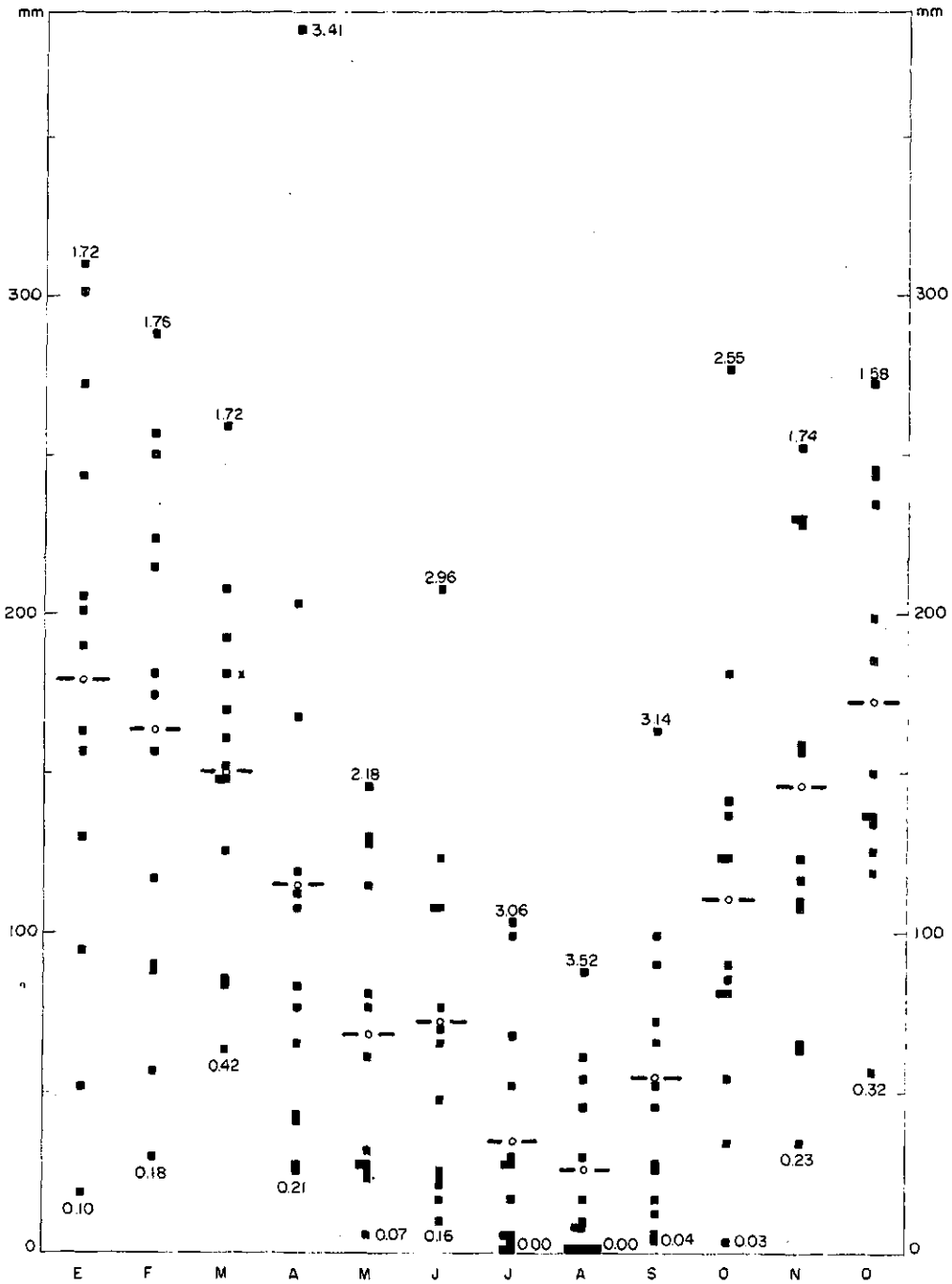
# DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION

## ROBORE (BOLIVIA)

LATITUD : 18° 26' LONGITUD : 59° 45' ALTURA : 300 mts

Promedio anual : 1276 mm

Período considerado : 1945 - 1957




Las cifras indican la relación entre los valores máximo y mínimo mensuales con respecto al promedio mensual.

Gráfico 9

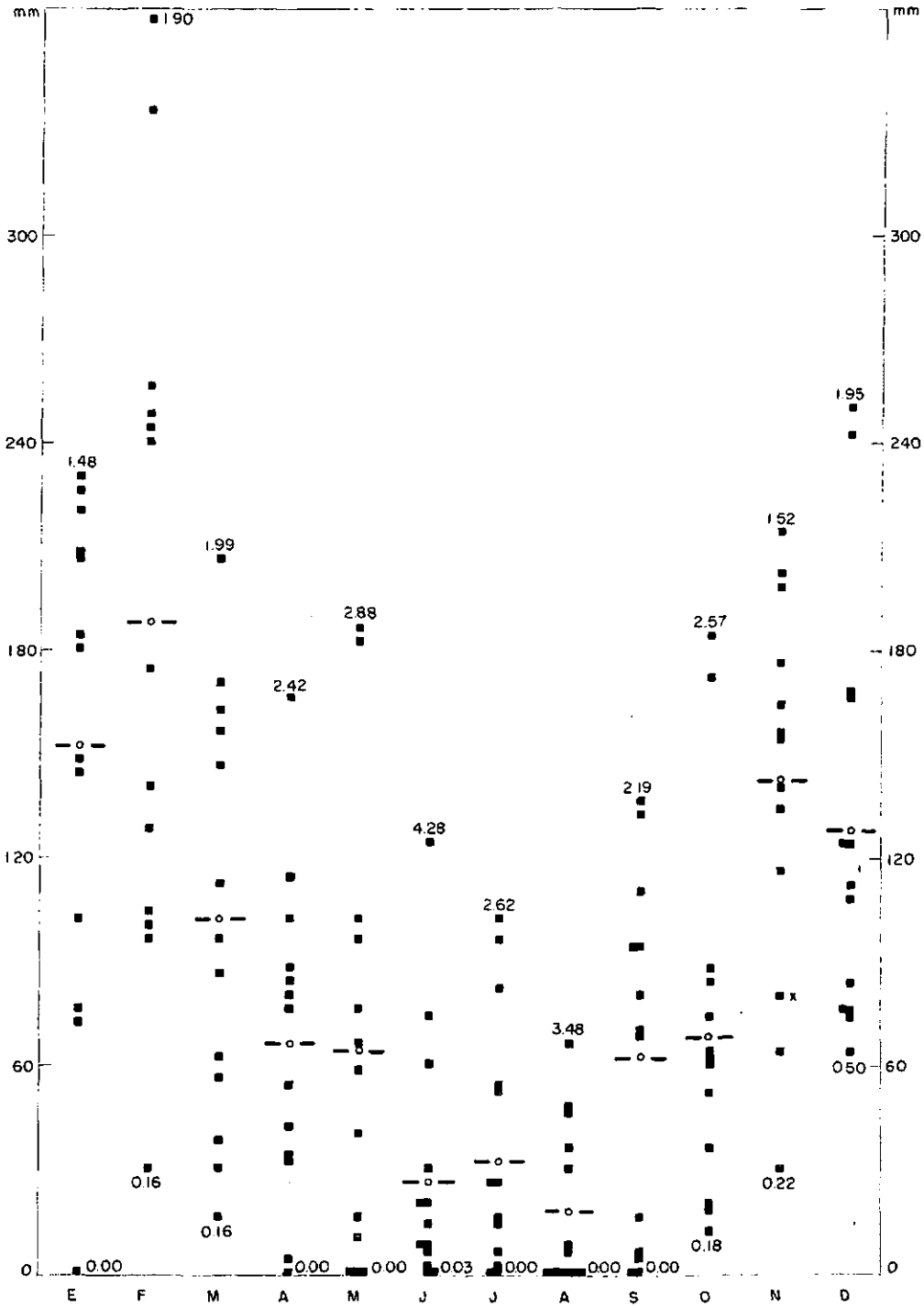
# DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION

## PUERTO SUAREZ ( BOLIVIA )

LATITUD : 18° 57'  LONGITUD : 57° 50'  ALTURA : 154 mts

Promedio anual : 1076 mm

Período considerado : 1945 - 1957




Las cifras indican la relación entre los valores máximo y mínimo mensuales con respecto al promedio mensual.

Gráfico 10

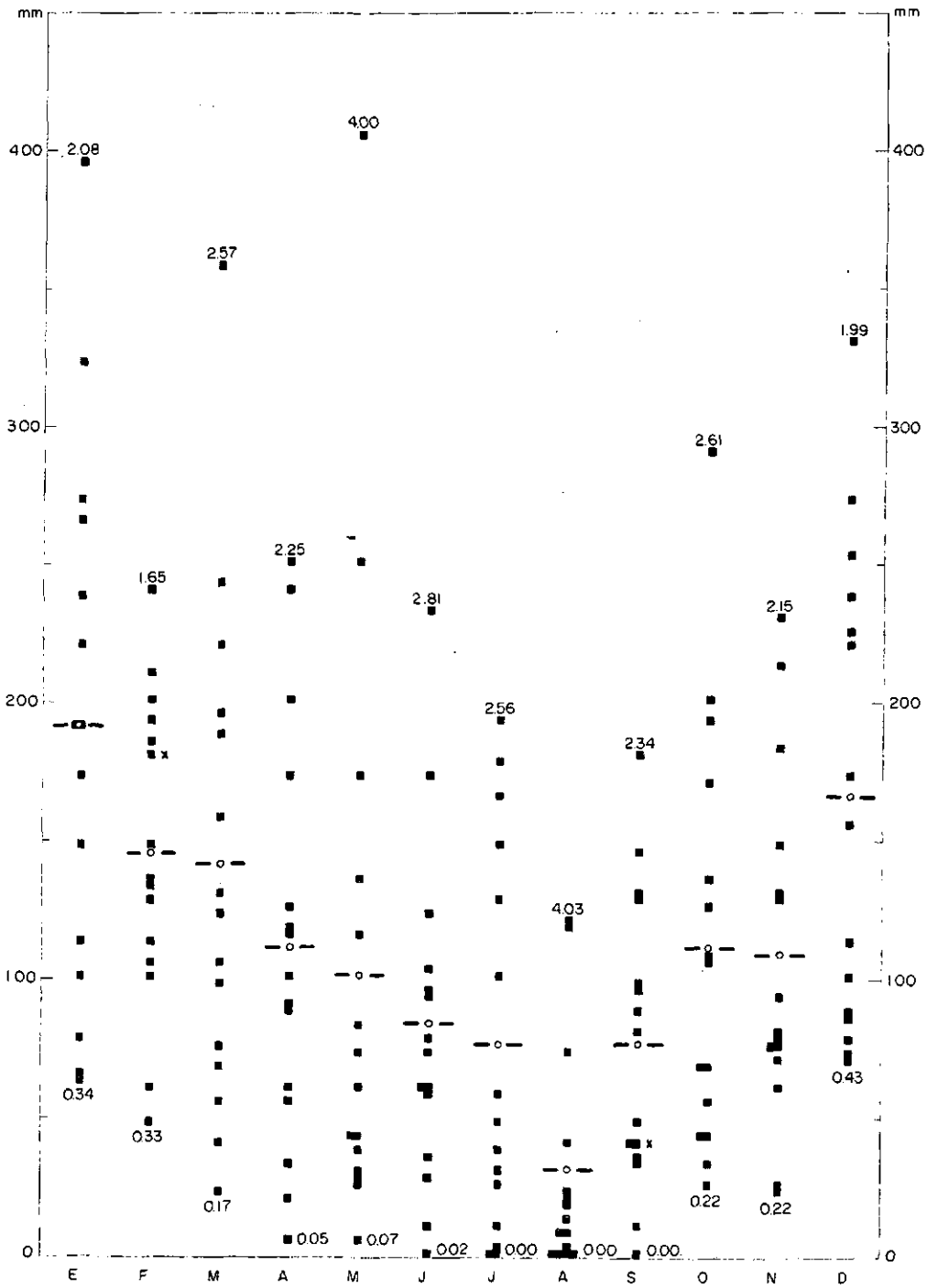
# DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION

## SANTA CRUZ (BOLIVIA)

LATITUD : 17° 46'  LONGITUD : 63° 11'  ALTURA : 437 mts

Promedio anual : 1343 mm

Período considerado : 1944 - 1958




— o — Valor promedio  x Valor mensual estimado

* Las cifras indican la relación entre los valores máximo y mínimo mensuales con respecto al promedio mensual.

Gráfico 11

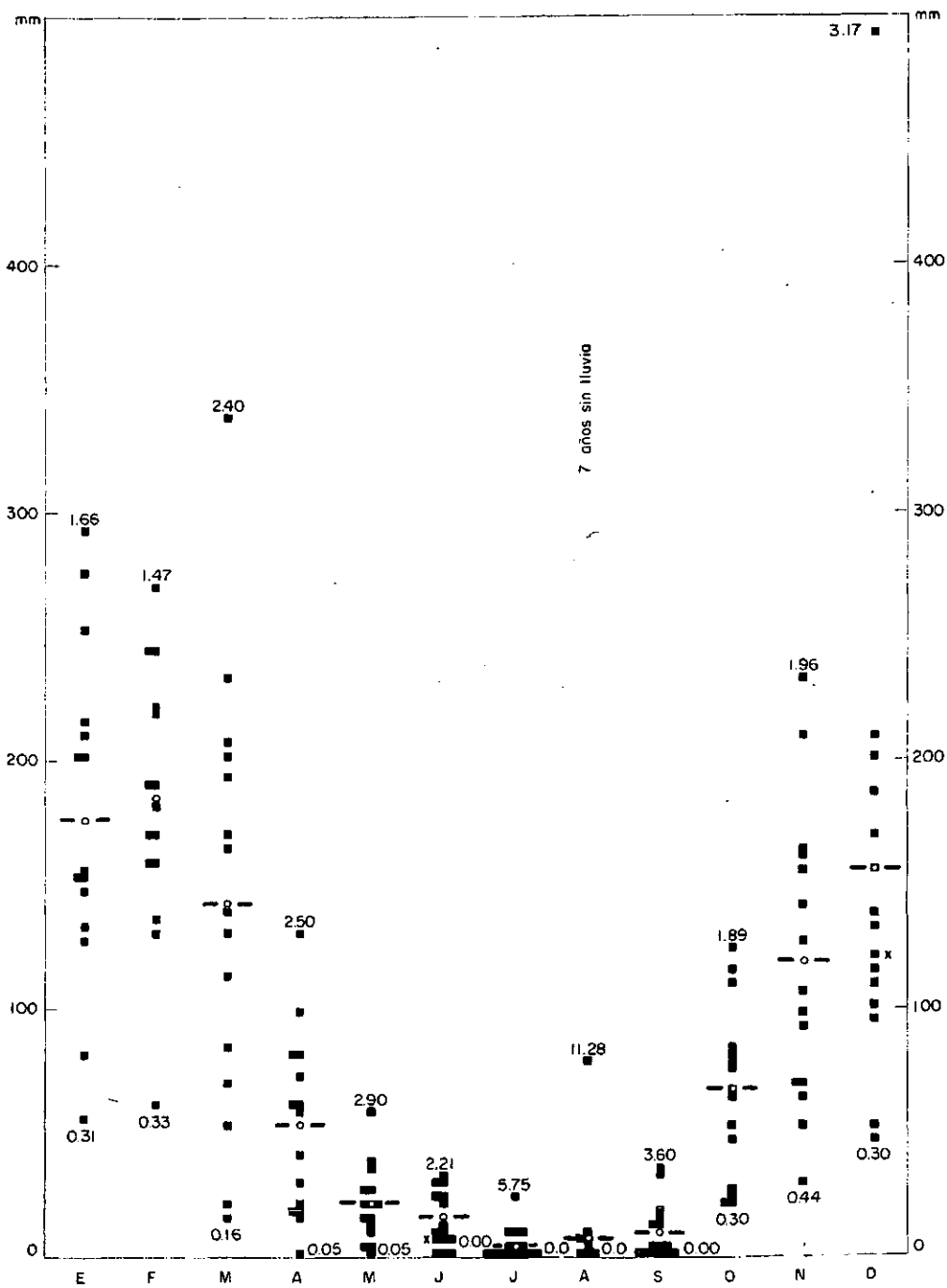
# DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION

## YACUIBA (BOLIVIA)

LATITUD : 22° 01' LONGITUD : 63° 43' ALTURA : 580 mts

Promedio anual : 946 mm

Período considerado : 1945 - 1959




Las cifras indican la relación entre los valores máximo y mínimo mensuales con respecto al promedio mensual.

Gráfico 12

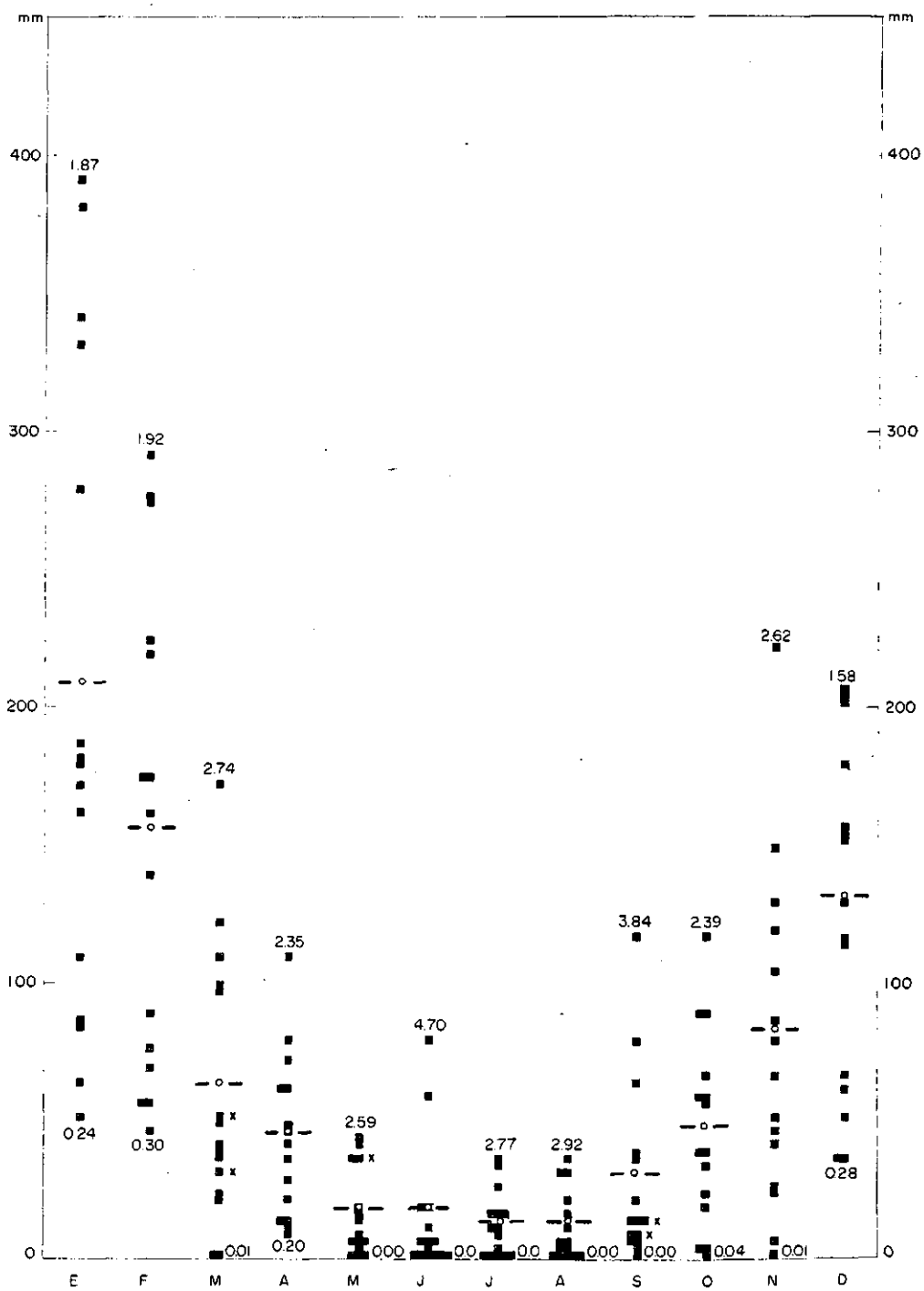
# DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION

## VALLEGRANDE (BOLIVIA)

LATITUD : 18°29' LONGITUD : 64°06' ALTURA : 2100 mts

Promedio anual : 821 mm

Periodo considerado : 1945 - 1959




Los cifras indican la relación entre los valores máximo y mínimo mensuales con respecto al promedio mensual.

Gráfico 13

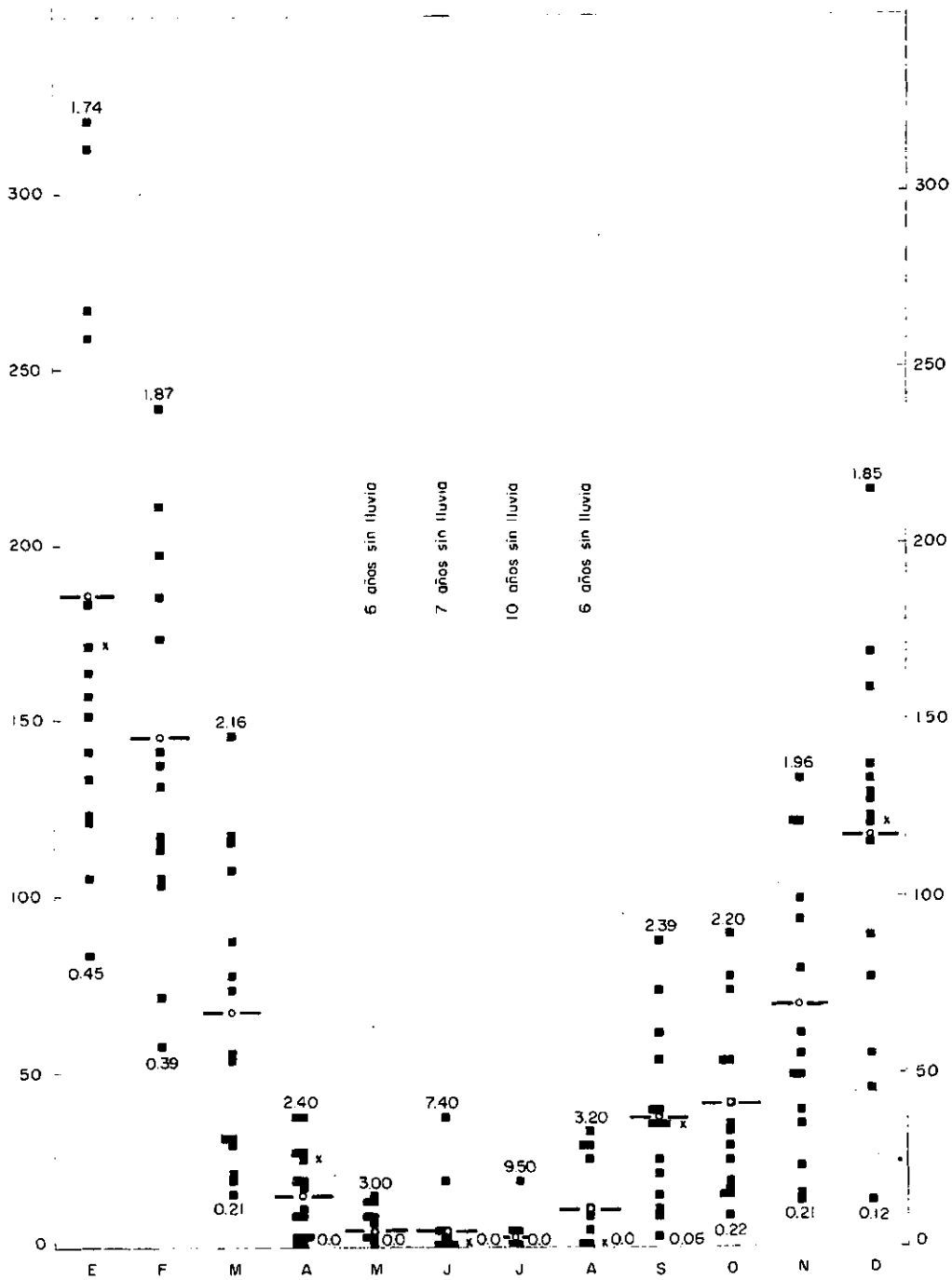
# DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION

## SUCRE (BOLIVIA)

LATITUD : 19° 03'  LONGITUD : 65° 16'  ALTURA : 2865 mts

Promedio anual : 694 mm

Período considerado : 1945 - 1959




o Valor promedio  x Valor mensual estimado

Los cifras indican la relación entre los valores máximo y mínimo mensuales con respecto al promedio mensual.

Gráfico 14

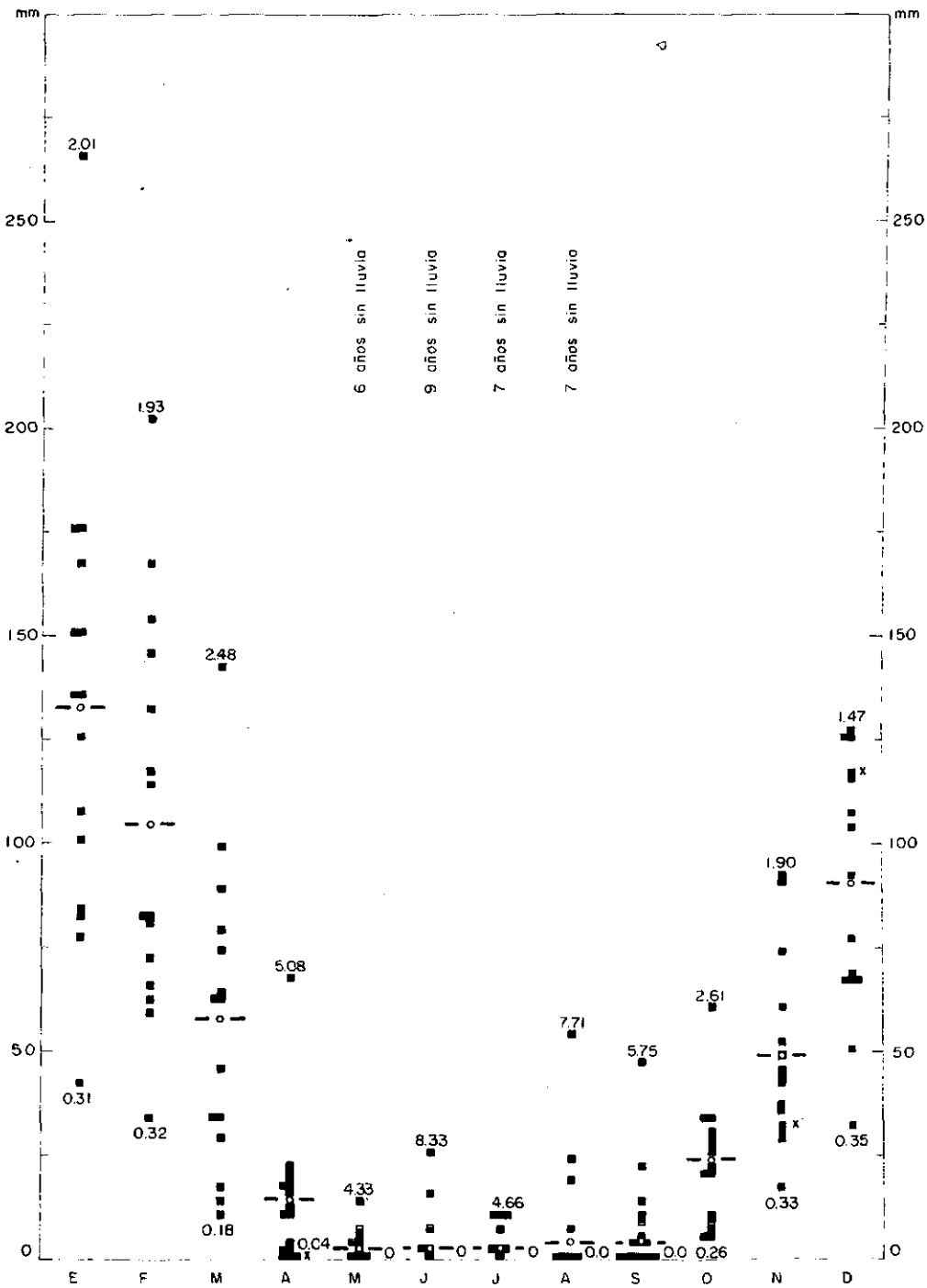
# DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION

## COCHABAMBA (BOLIVIA)

LATITUD : 17° 23'  LONGITUD : 66° 10'  ALTURA : 2558 mts

Promedio anual : 493 mm

Período considerado : 1945 - 1959




Las cifras indican la relación entre los valores máximo y mínimo mensuales con respecto al promedio mensual.

Gráfico 15

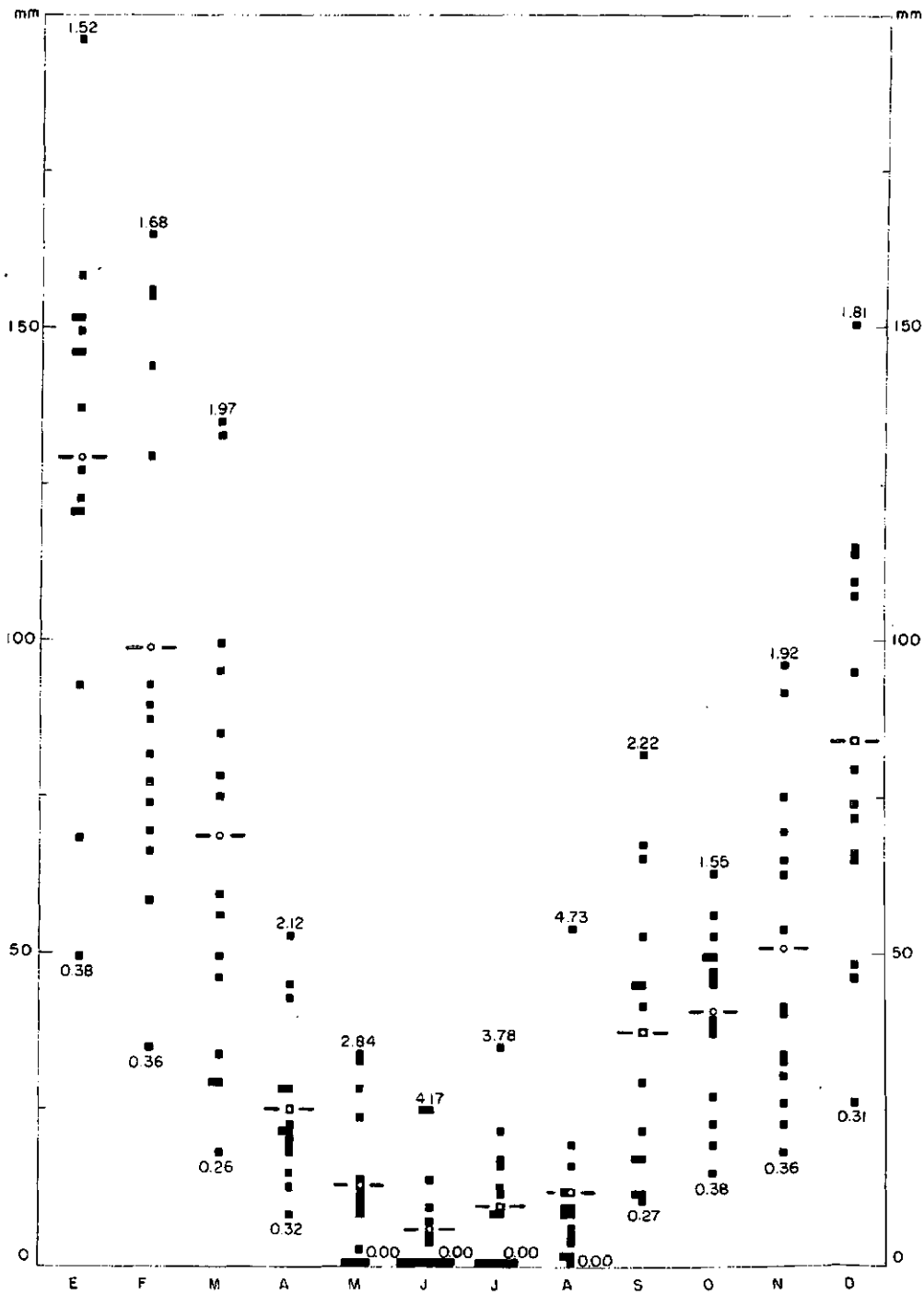
# DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION

## LA PAZ (BOLIVIA)

LATITUD : 68° 08' LONGITUD : 16° 30' ALTURA : 3658 mts

Promedio anual : 568 mm

Período considerado : 1944 - 1958




— o — Valor promedio

Los cifras indican la relación entre los valores máximo y mínimo mensuales con respecto al promedio mensual

Gráfico 16

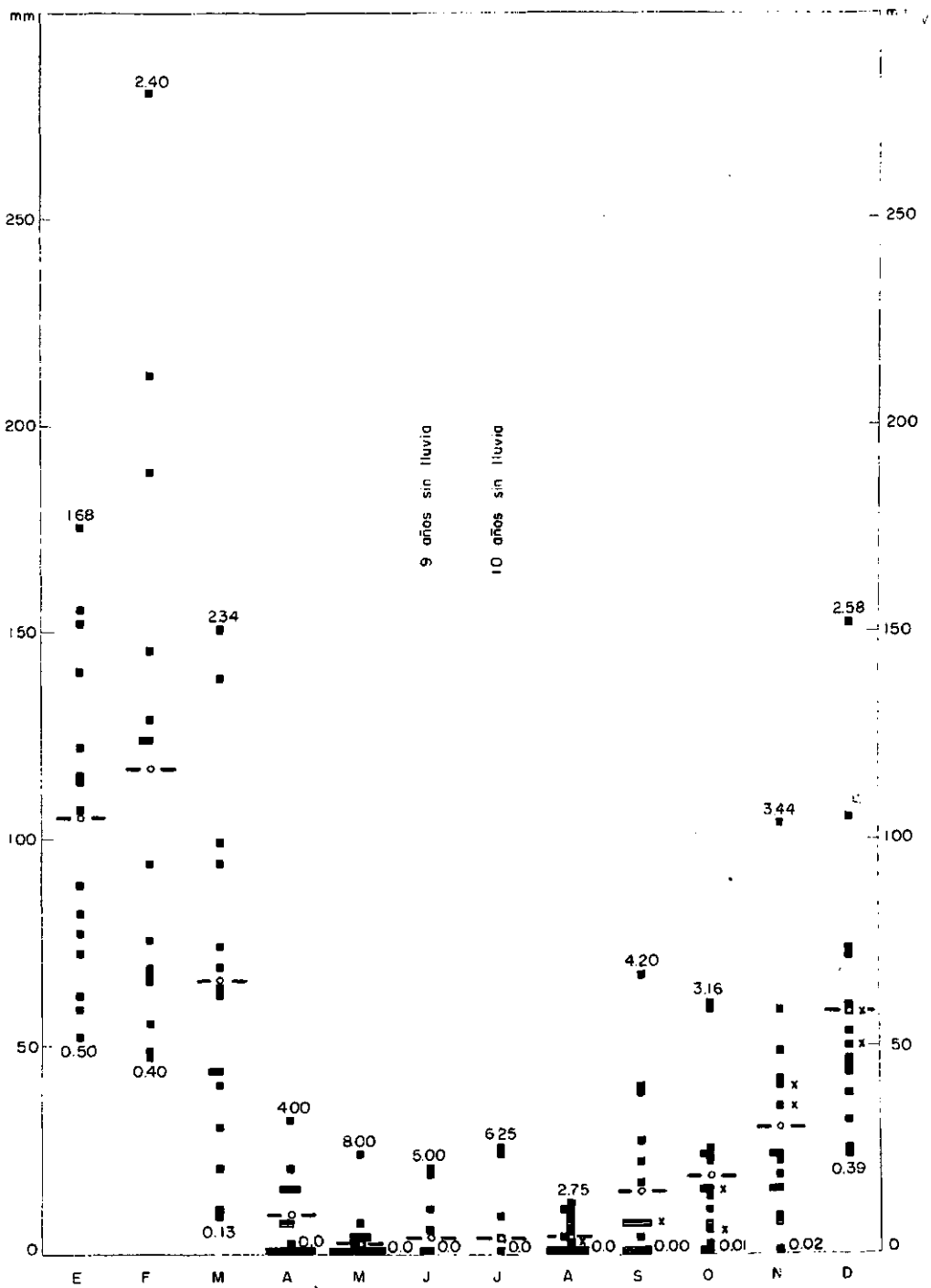
# DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION

## PAZÑA (BOLIVIA)

LATITUD : 18° 36' LONGITUD : 66° 55' ALTURA : 3710 mts

Promedio anual : 432 mm

Período considerado : 1945 - 1959




Los cifras indican la relación entre los valores máximo y mínimo mensuales con respecto al promedio mensual.

Gráfico 17

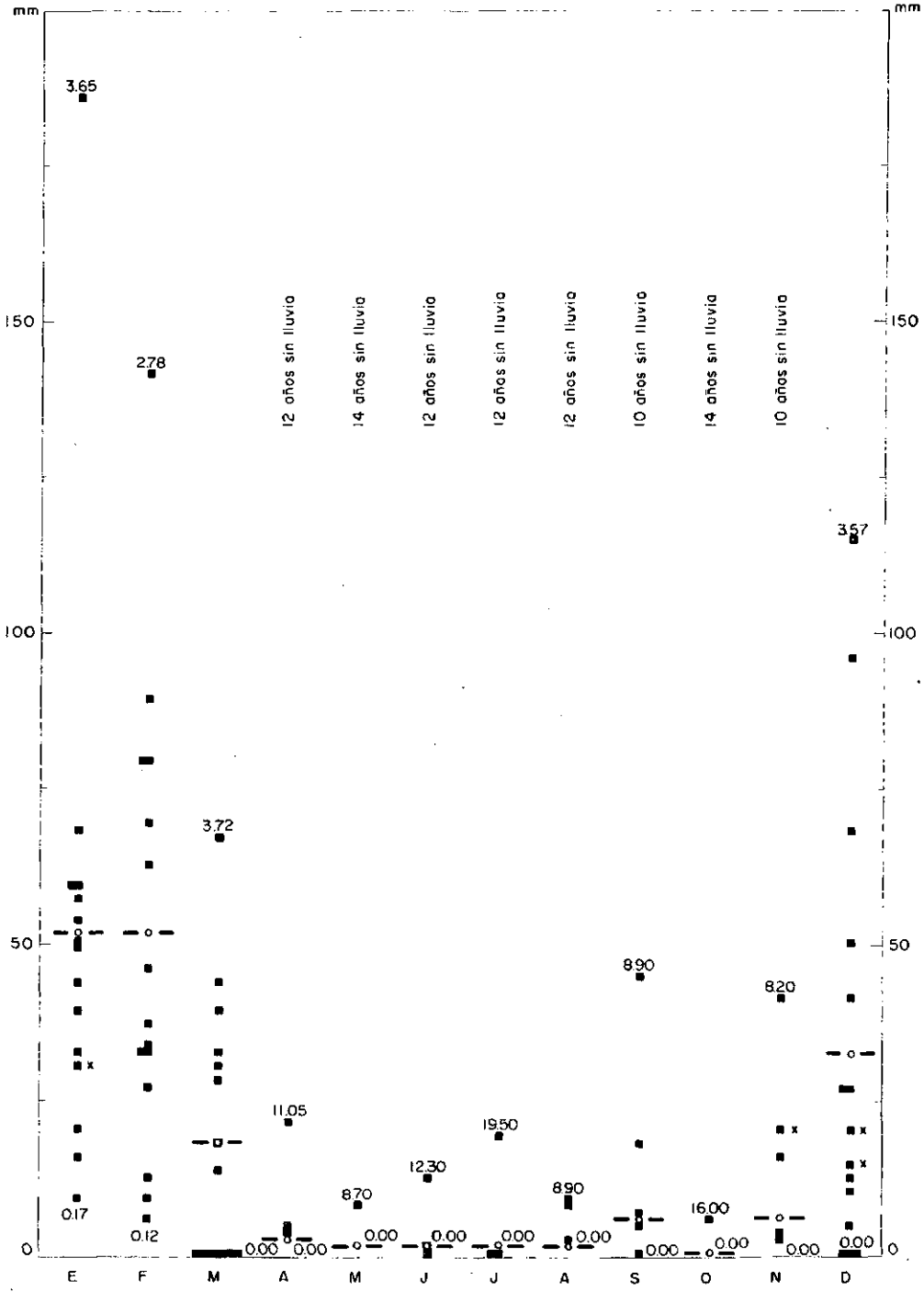
# DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION

## UYUNI (BOLIVIA)

LATITUD : 20° 28'  LONGITUD : 66° 51'  ALTURA : 3669 mts

Promedio anual : 169 mm

Período considerado : 1945 - 1959




Las cifras indican la relación entre los valores máximo y mínimo mensuales con respecto al promedio mensual.

Gráfico 18

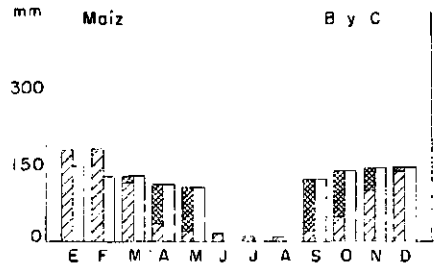
# PRECIPITACION REAL, PRECIPITACION TEORICA O AGUA DE CONSUMO Y RIEGO EN ESTACIONES SELECCIONADAS

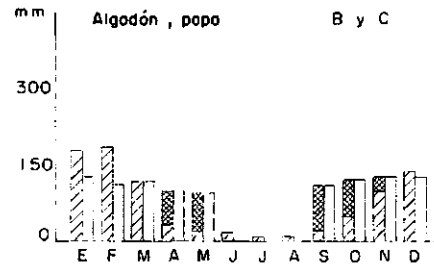
( Según fórmulas de Olivier y Blaney - Criddle )

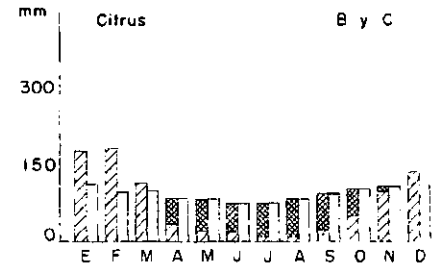
Estación : **CAMIRI**

Latitud : 20° 06' Longitud : 63° 33'
Altura : 876 m
Precipitación anual : 859 mm

Precipitación — Riego
Agua de consumo



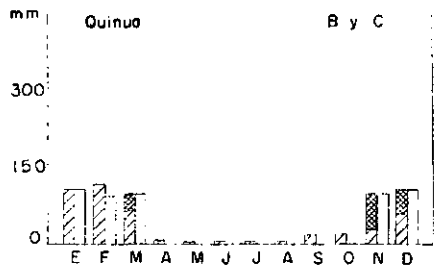



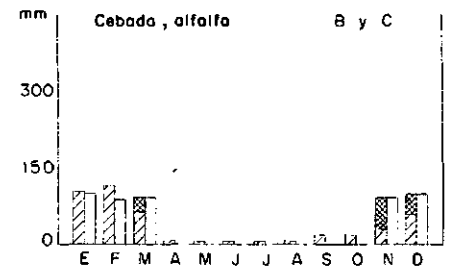



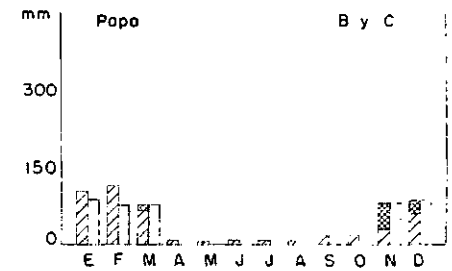

Estación : **PAZÑA**

Latitud : 18° 36' Longitud : 66° 55°
Altura : 3710 m
Precipitación anual : 432 mm

Precipitación — Riego
Agua de consumo



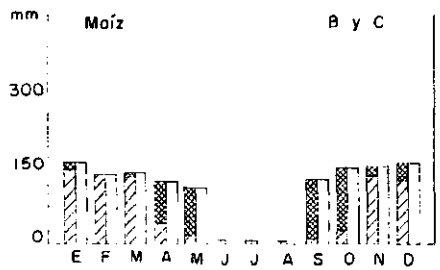



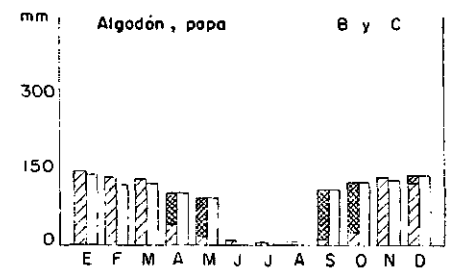




Estación : **VILLAMONTES**

Latitud : 21° 16° Longitud : 63° 30'
Altura : 520 m
Precipitación anual : 761 mm

Precipitación — Riego
Agua de consumo



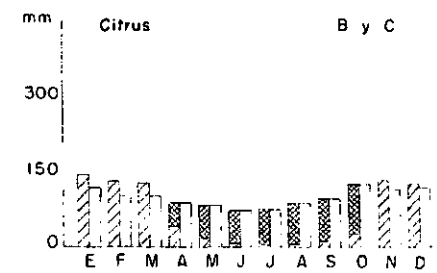



Gráfico 18

( continuación )

# PRECIPITACION REAL, PRECIPITACION TEORICA O AGUA DE CONSUMO Y RIEGO EN ESTACIONES SELECCIONADAS

( Según fórmulas de Olivier y Blaney - Criddle )

Estación : COCHABAMBA

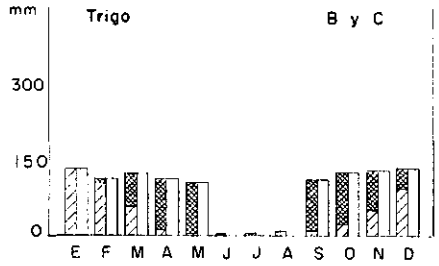
Latitud : 17° 23' Longitud : 66° 10'

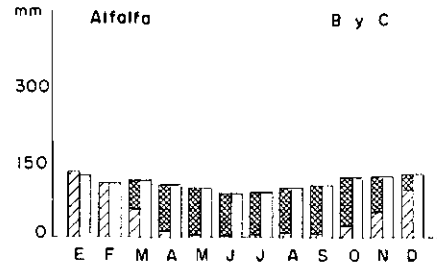
Altura : 2558 m

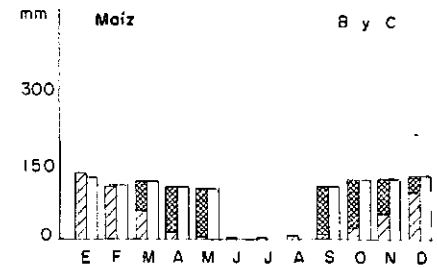
Precipitación anual : 493 mm

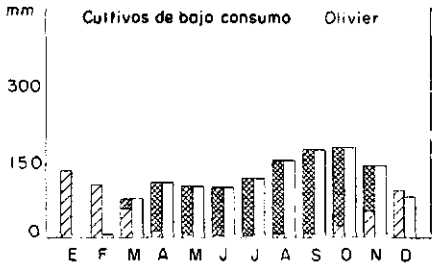
Precipitación — Riego

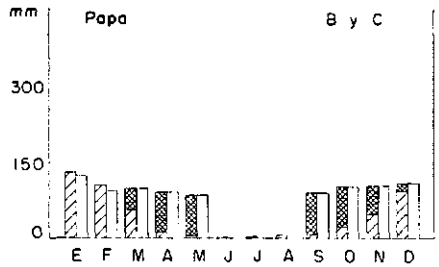
Agua de consumo

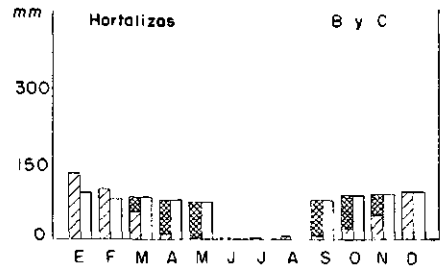



Estación : EL ALTO

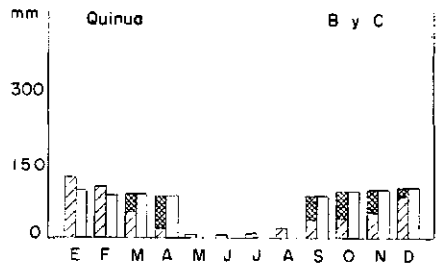
Latitud : 16° 30' Longitud : 68° 10'

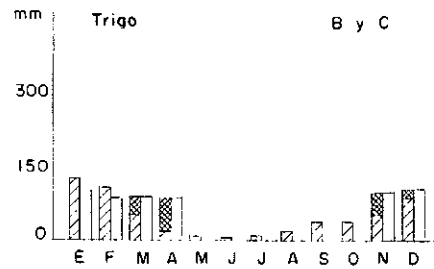
Altura : 4083 m

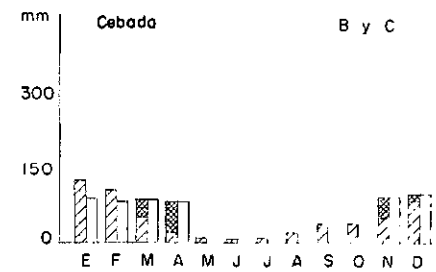
Precipitación anual : 548 mm

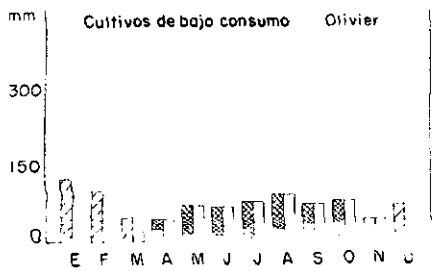
Precipitación — Riego

Agua de consumo



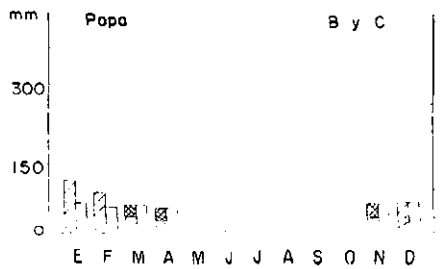



Gráfico 18 *( continuación )*

# PRECIPITACION REAL, PRECIPITACION TEORICA O AGUA DE CONSUMO Y RIEGO EN ESTACIONES SELECCIONADAS

( Según fórmulas de Olivier y Blaney - Criddle )

Estación : *ORURO*

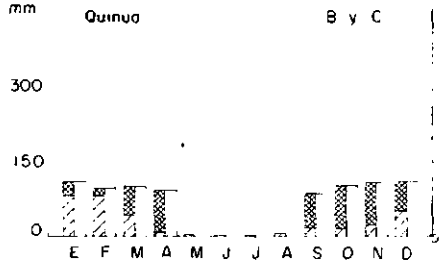
Latitud : 17° 58' Longitud : 67° 10'

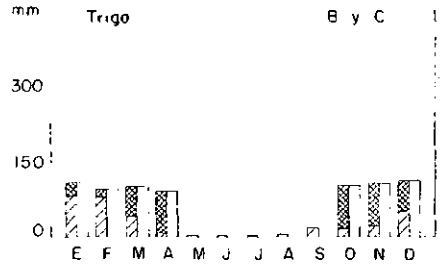
Altura : 3 706 m

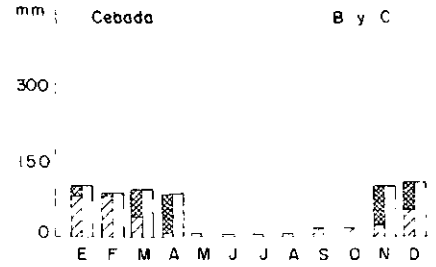
Precipitación anual : 352 mm

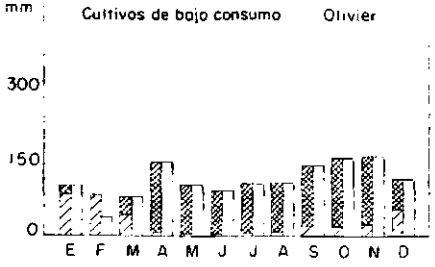
Precipitación — Riego

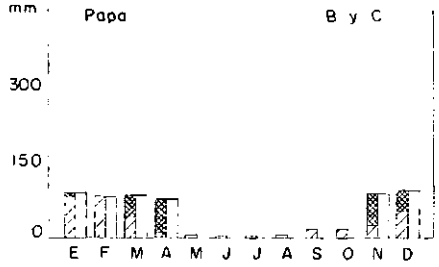
Agua de consumo




Estación : POTOSI

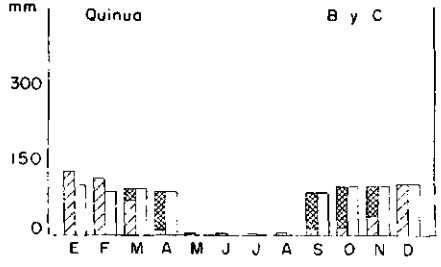
Latitud : 19° 35 Longitud : 65° 45'

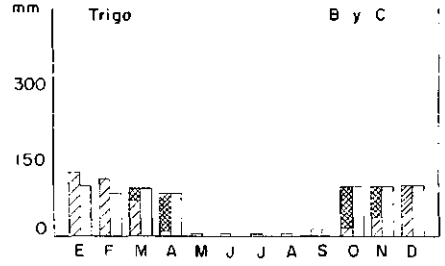
Altura : 3 904 m

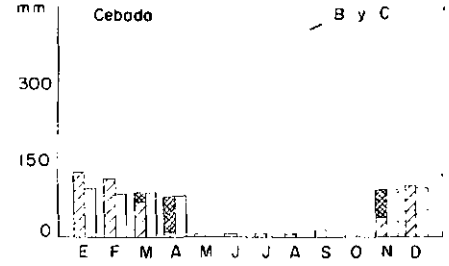
Precipitación anual : 463 mm

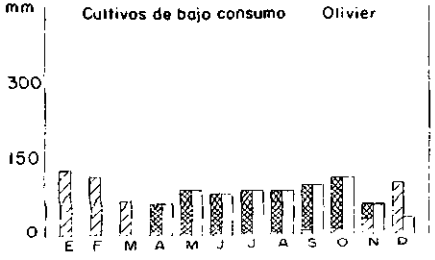
Precipitación — Riego

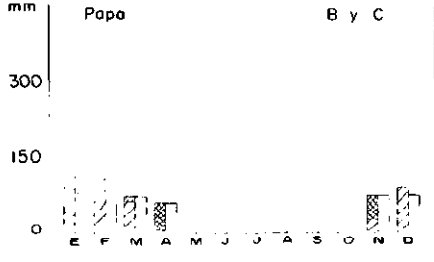
Agua de consumo



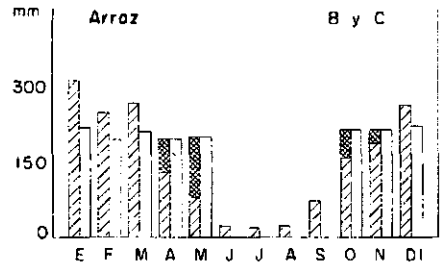
# PRECIPITACION REAL, PRECIPITACION TEORICA O AGUA DE CONSUMO Y RIEGO EN ESTACIONES SELECCIONADAS

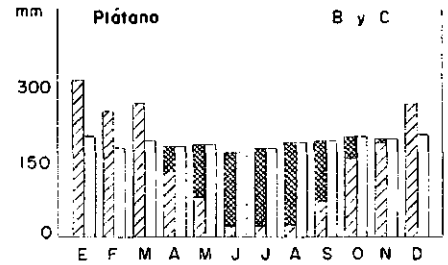
( Según fórmulas de Olivier y Blaney - Criddle )

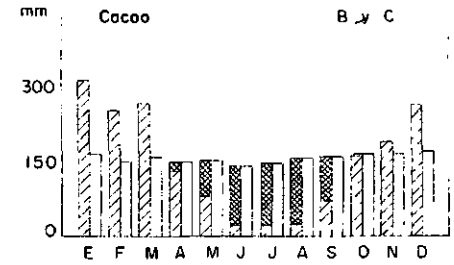
Estación : *RIBERALTA*

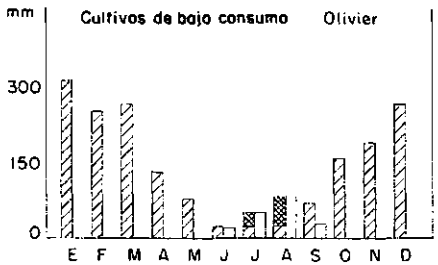
Latitud : 11°00' Longitud : 66°05'
Altura : 172 m
Precipitación anual : 1765 mm

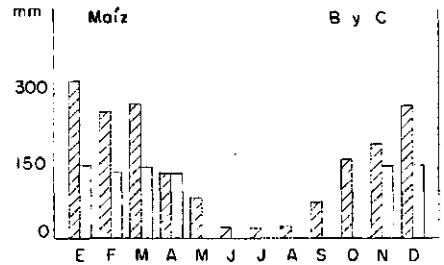
Precipitación — Riego — Agua de consumo



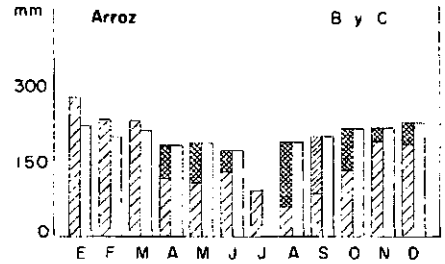



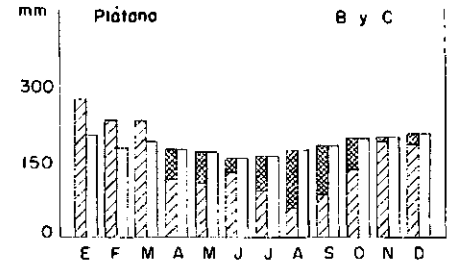



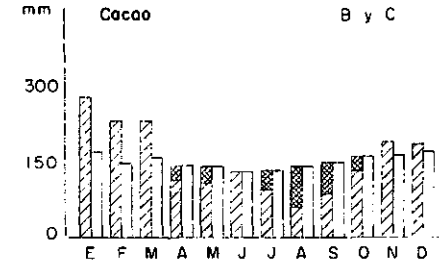

Estación : **RURRENABAQUE**

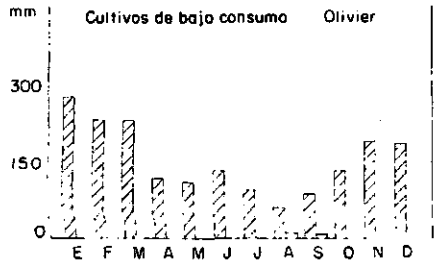
Latitud : 14° 28' Longitud : 67° 35'
Altura : 227 m
Precipitación anual : 1834 mm

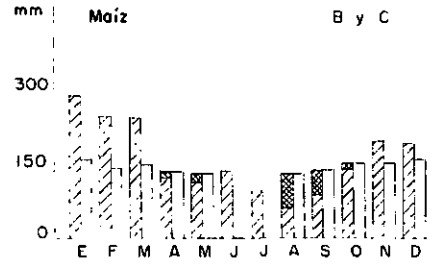
Precipitación — Riego — Agua de consumo



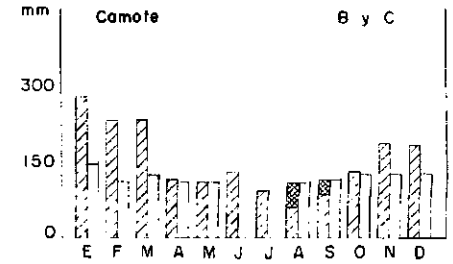



Gráfico 18 ( continuación )

# PRECIPITACION REAL, PRECIPITACION TEORICA O AGUA DE CONSUMO Y RIEGO EN ESTACIONES SELECCIONADAS

( Según fórmulas de Olivier y Blaney - Criddle )

Estación : SANTA CRUZ

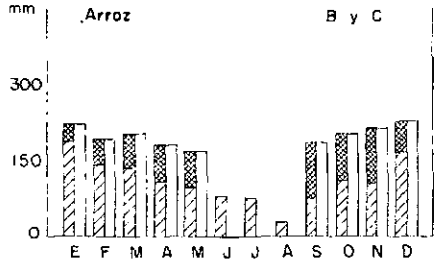
Latitud : 17°46' Longitud : 63° 11'

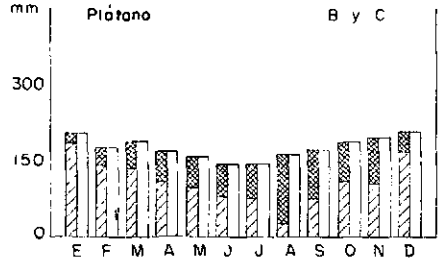
Altura : 442 m

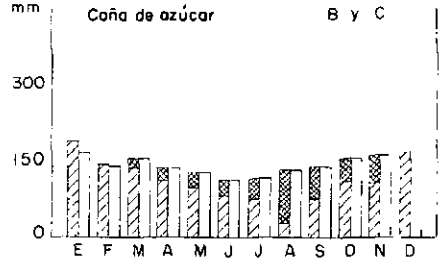
Precipitación anual : 1343 mm

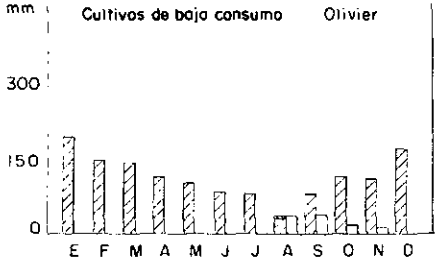
Precipitación — Riego

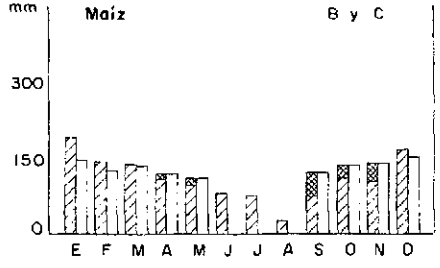
Agua de consumo

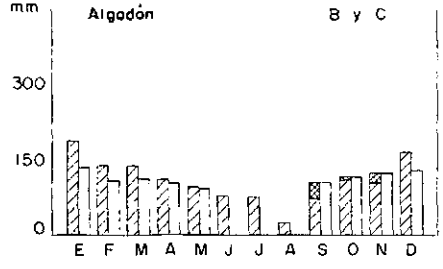



Estación : SICA SICA

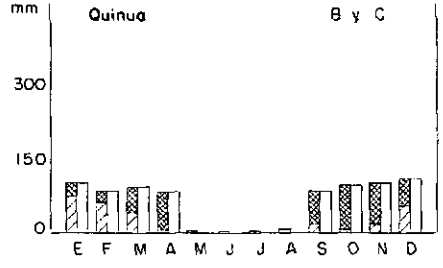
Latitud : 17° 23' Longitud : 67° 44'

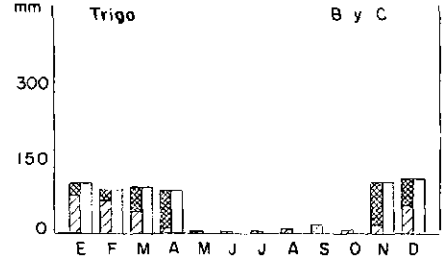
Altura : 3820 m

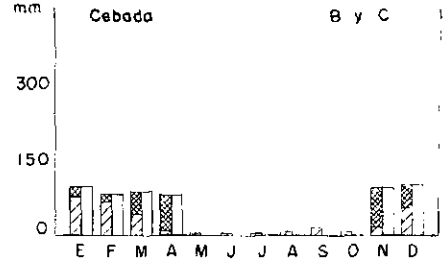
Precipitación anual : 295 mm

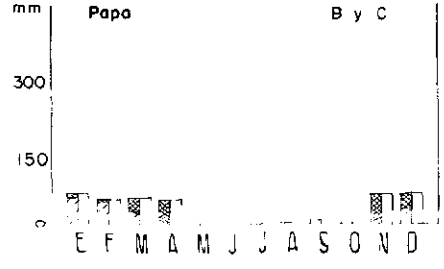
Precipitación — Riego

Agua de consumo



# PRECIPITACION REAL, PRECIPITACION TEORICA O AGUA DE CONSUMO Y RIEGO EN ESTACIONES SELECCIONADAS

( Según fórmulas de Olivier y Blaney - Criddle )

Estación : VALLEGRANDE

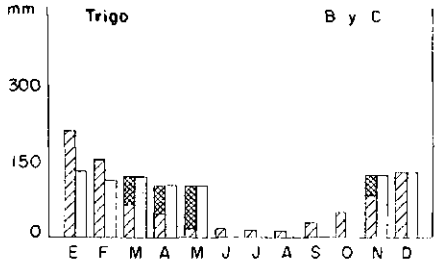
Latitud : 18° 29' Longitud : 64° 06'

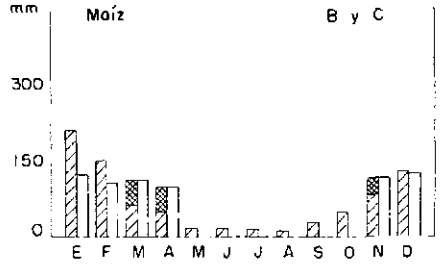
Altura : 2 000 m

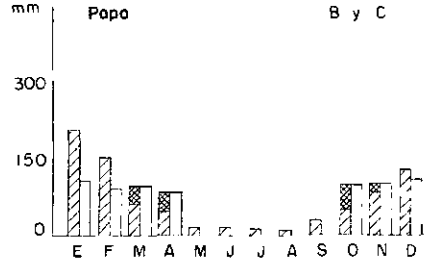
Precipitación anual : 821 mm

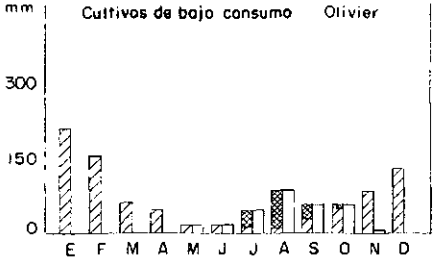
Precipitación — Riego

Agua de consumo



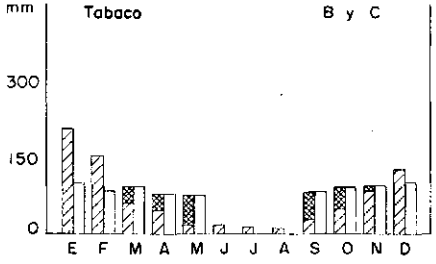
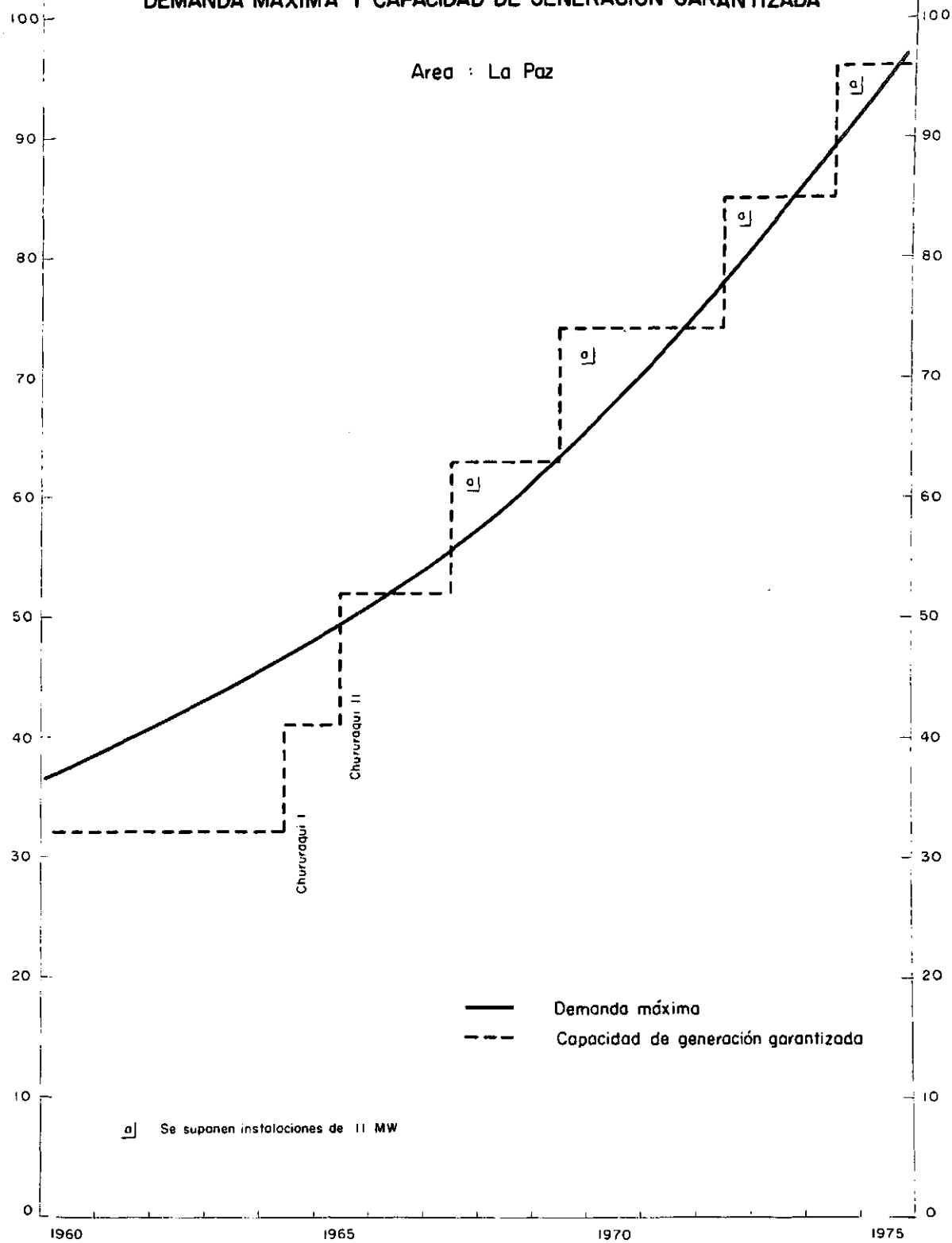



Gráfico 19

## DEMANDA MAXIMA Y CAPACIDAD DE GENERACION GARANTIZADA

Area : La Paz




a) Se suponen instalaciones de 11 MW

Gráfico 20

## DEMANDA MAXIMA Y CAPACIDAD DE GENERACION GARANTIZADA

Area : Cochabamba, Oruro, Sucre, Potosí

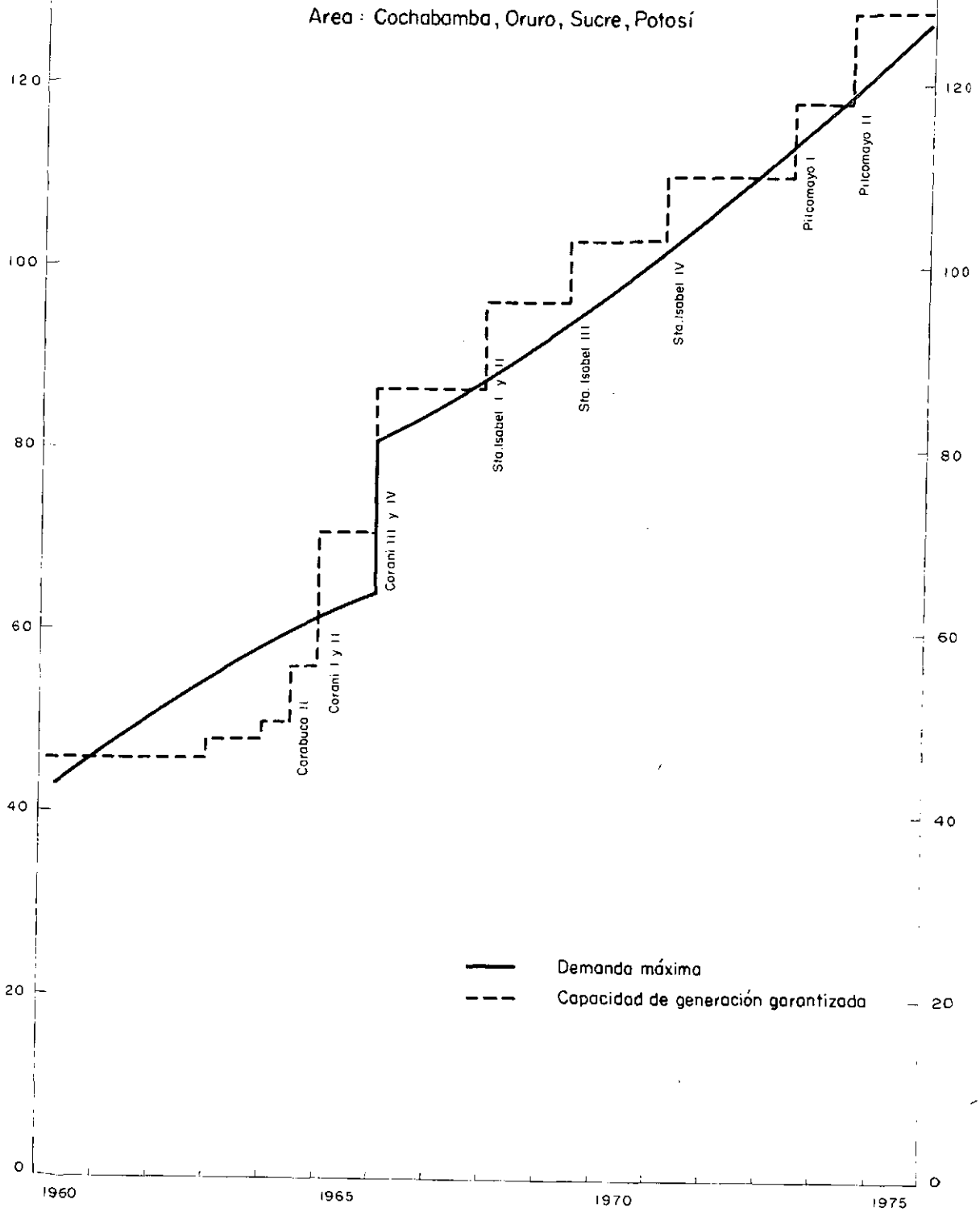


Gráfico 21

## DEMANDA MAXIMA Y CAPACIDAD DE GENERACION GARANTIZADA

Area: Santa Cruz

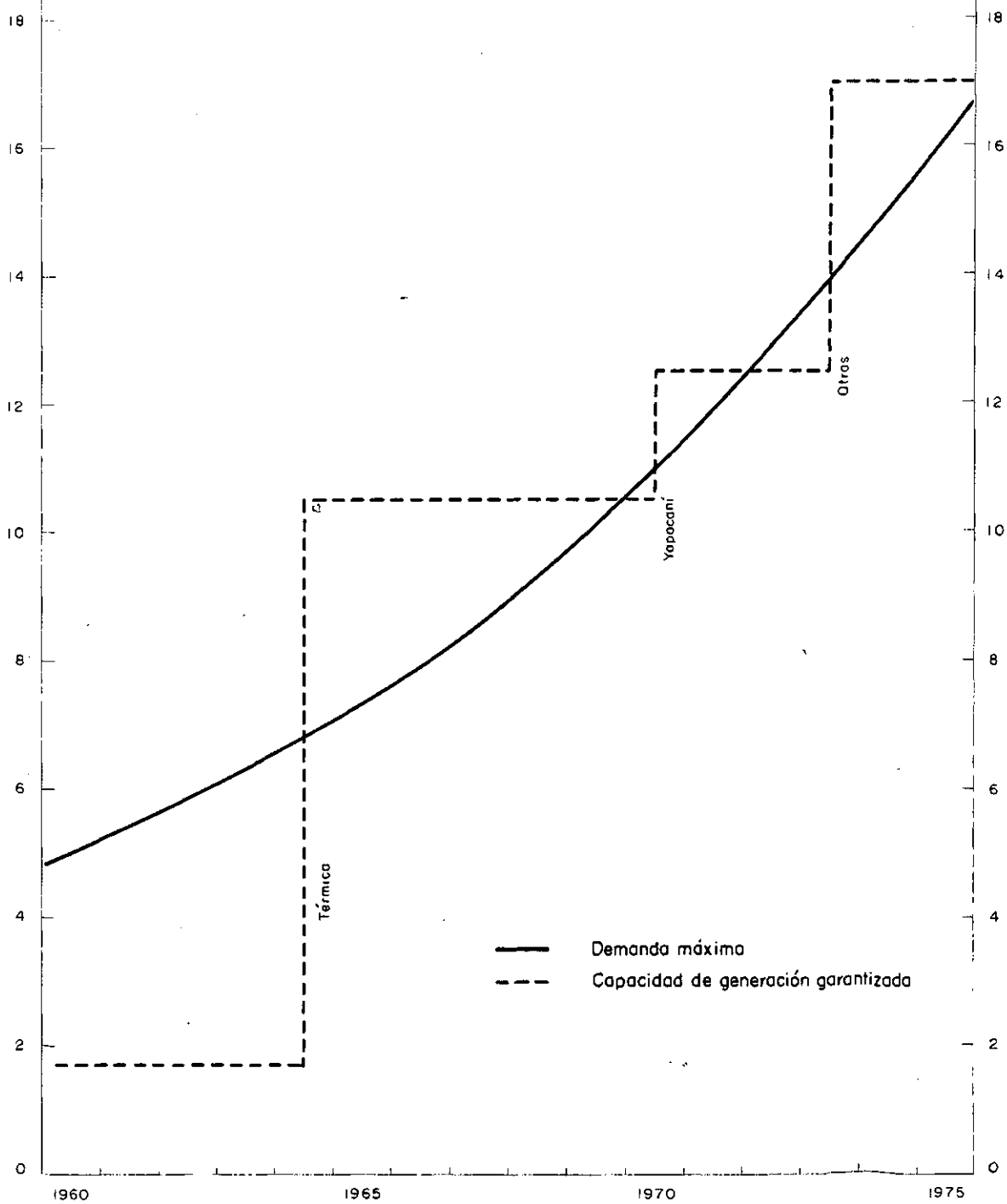
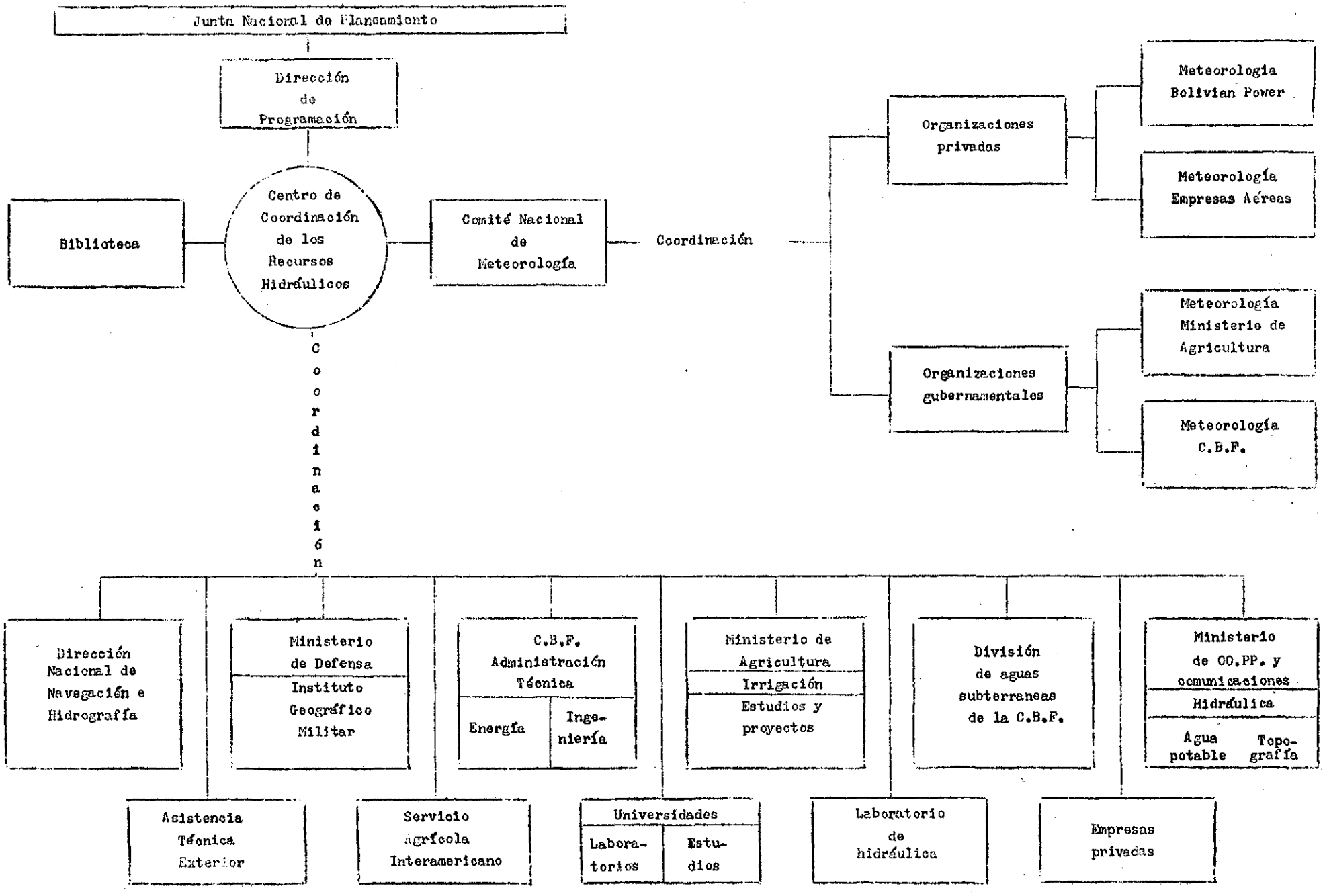


GRAFICO 21


Junta Nacional de Planeamiento
Dirección de Programación
Centro de Coordinación de los Recursos Hidráulicos
Biblioteca
Comité Nacional de Meteorología
Coordinación
Organizaciones privadas
Meteorologia Bolivian Power
Meteorología Empresas Aéreas
Organizaciones gubernamentales
Meteorología Ministerio de Agricultura
Meteorología C.B.F.
Coordinación
Dirección Nacional de Navegación e Hidrografía
Ministerio de Defensa
Instituto Geográfico Militar
C.B.F. Administración Técnica
Energía
Ingeniería
Ministerio de Agricultura
Irrigación
Estudios y proyectos
División de aguas subterraneas de la C.B.F.
Ministerio de OO.PP. y comunicaciones
Hidráulica
Agua potable
Topografía
Asistencia Técnica Exterior
Servicio agrícola Interamericano
Universidades
Laboratorios
Estudios
Laboratorio de hidráulica
Empresas privadas